



Tielaitos

Melun ja pakokaasujen hinnoittelu tiensuunnittelussa

**Tielaitoksen
selvityksiä**

2/1992

Helsinki 1992

Tiehallitus
Kehittämiskeskus

Tielaitoksen selvityksiä
2/1992

**Melun ja pakokaasujen hinnoittelu
tiensuunnittelussa**

Tielaitos
Tiehallitus, kehittämiskeskus

Helsinki 1992

2. painos
TIEL 3200058
ISBN 951-47-5535-9
ISSN 0788-3722
Valtion painatuskeskus
Pasilan VALTIMO
Helsinki 1992

Julkaisua myy
Tiehallitus, painotuotevarasto

Tielaitos
Tiehallitus
Opastinsilta 12 A
PL 33
00521 HELSINKI

Melun ja pakokaasujen hinnoittelu tiensuunnittelussa. Helsinki 1992, Tiehallitus, kehittämiskeskus. Tielaituksen selvityksiä 2/1992, 29 s. + liitt. 18 s. ISBN 951-47-5535-9, ISSN 0788-3722, TIEL 3200058

Asiasanat liikenne, ympäristöhaitat, kustannukset, melu, pakokaasut

Tiivistelmä

MELUN JA PAKOKAASUJEN HINNOITTELU TIENSUUNNITTELUSSA

-julkaisussa tarkastellaan niitä perusteita ja menettelytapoja, joilla voidaan määrittää kustannukset tieliikenteen melun ja pakokaasujen aiheuttamille haitoille. Julkaisu on työryhmän mietintö ja sisältää työryhmän esityksen.

Työryhmä on tehtyihin selvityksiin nojautuen arvioinut tieliikenteen melun ja pakokaasujen aiheuttamat kustannukset vuonna 1989 Suomessa. Kustannukset arvioitiin eri haittojen aiheuttamien taloudellisten menetysten avulla lukuunottamatta ilmaston muutoksen kustannuksia, jotka arvioitiin päästöjen kasvun pysähdyttämiseksi tarvittavien taloudellisten ohjauskeinojen avulla. Kustannuksia arvioitaessa jouduttiin tietopuutteiden takia tekemään useita oletuksia ja yleistyksiä.

Tieliikenteen melun ja pakokaasujen aiheuttamien haittojen kustannukset Suomessa vuonna 1989 olivat 4,5 miljardia markkaa, josta pakokaasujen osuus oli 2,9 miljardia markkaa ja melun 1,6 miljardia markkaa. Ilmaston muutoksesta aiheutuvien kustannusten osuus pakokaasujen kustannuksista oli 1,5 miljardia markkaa.

Tieliikenteen pakokaasujen kokonaiskustannusten avulla määritettiin eri ilmansaasteiden aiheuttamat kustannukset. Näiden tietojen ja varmuuskertoimen avulla laskettiin pakokaasujen alustavat yksikköhinnot. Ilman katalysaattoria varustettujen auton pakokaasujen aiheuttamat kustannukset maantiejajossa ovat keskimäärin 6,5 p/ajokm ja kaupunkiajossa 7,0 p/km. Katalysaattorilla varustetun auton päästöt ovat nykyisiin autoihin verrattuna 70 - 80 % alhaisemmat ja vastaavasti ovat pakokaasujen kustannukset myös alhaisemmat. Nykyisten raskaiden ajoneuvojen kustannukset ovat maantiejajossa keskimäärin 27 p/ajokm ja kaupunkiajossa 32 p/ajokm. Raskaiden ajoneuvojen päästöt vähenevät tulevaisuudessa 50 - 60 % nykyisestä ja samoin ajoneuvojen päästökustannukset laskevat.

Melu- ja pakokaasuhaittojen kustannukset eivät todennäköisesti tule ratkaisevasti vaikuttamaan tiehankkeiden kannattavuuteen tai toteuttamisjärjestykseen. Hinnoittelu on silti syytä ottaa käyttöön ainakin lähivuosien ajaksi. Siitä voidaan myöhemmin luopua, jos hinnoittelun merkitys todetaan vähäiseksi. Hinnoittelua sovelletaan lähinnä kehittämishankkeiden esisuunnittelussa ja tienpidon ohjelmien vaikutuksia tarkasteltaessa.

Esipuhe

Tielaitoksen johtokunta teki elokuussa 1990 periaatepäätöksen, että tiehankkeiden yhteiskuntataloudellisiin laskelmiin otetaan mukaan melun ja pakokaasujen aiheuttamien haittojen kustannukset. Tiehallitus perusti marraskuussa 1990 työryhmän, jonka tehtävänä oli laatia tarkennettu esitys haittojen hinnoittelun perusteista ja menettelytavoista.

Työryhmään kuuluivat ympäristönsuojeluasiamies *Benny Hasenson* Teollisuuden Keskusliitosta, ylitarkastaja *Antero Honkasalo* ympäristöministeriöstä, erikoistutkija *Olavi Koskinen* liikenneministeriöstä, ylitarkastaja *Juha Pyötsiä* sosiaali- ja terveysministeriöstä sekä tiehallituksesta apulaisjohtaja *Pauli Velhonoja* (puh.joht) ja suunnittelija *Mervi Karhula* (siht.).

Tehtävänsä mukaisesti työryhmä tarkasteli tieliikenteen melun ja pakokaasujen aiheuttamia haittoja ja niiden arvottamista rahassa. Työryhmä ei käsitellyt tieliikenteen muiden ympäristövaikutusten arvottamista.

Työryhmä teetti seuraavat selvitykset, jotka on julkaistu tielaitoksen julkaisusarjoissa:

Maksuhalukkuuden soveltuminen tiehankkeen vaikutusten arvottamiseen / Liiketaloustieteellinen tutkimuslaitos (TIEL 3200039)

Tieliikenteen päästöjen haittojen kustannukset / Ekono Ympäristötekniikka (TIEL 40000007)

Tieliikenteen melun ja pakokaasujen terveys- ja viihtyvyyshaittojen arviointi/ Kansanterveyslaitos

Tiehallituksen kehittämiskeskus kiittää kaikkia työhön osallistuneita aktiivisesta ja asiantuntevasta panoksesta työn loppuunsaattamiseksi.

Helsingissä tammikuussa 1992

Tiehallitus

Kehittämiskeskus

Sisältö

TIIVISTELMÄ	3
ESIPUHE	5
SISÄLLYSLUETTELO	6
1 JOHDANTO	7
2 TEHDYT SELVITYKSET	8
2.1 Melun ja pakokaasujen hinnoittelu ulkomailla	8
2.2 Haittojen arvottamisen periaatteet	10
2.3 Haittojen määrittäysmenetelmät	13
3 MELUN JA PÄÄSTÖJEN KUSTANNUKSET	15
3.1 Pakokaasujen ja melun haittojen kustannukset vuonna 1989	15
3.2 Käytetyt menetelmät pakokaasujen ja melun kustannusten arvioimiseksi	17
4 HINNOITTELUN PERIAATTEET TIENSUUNNITTELUSSA	20
4.1 Pakokaasut	20
4.2 Melu	23
4.3 Yhteiskuntataloudelliset laskelmat	24
5 YHTEENVETO JA TYÖRYHMÄN ESITYS	27
6 KIRJALLISUUSVIITTEET	29
7 LIITTEET	

LIITE 1. Tieliikenteen päästöjen haittojen kustannukset /
Ekono Ympäristötekniikan laatima yhteenveto

1 JOHDANTO

Tiehankkeiden yhteiskuntataloudellisissa arvioissa on tällä hetkellä mukana rakentamis-, kunnossapito ja ajokustannukset. Ajokustannukset muodostuvat onnettomuus-, aika- ja ajoneuvokustannuksista. Tiehankkeen vaikutuksia työllisyyteen ja elinkeinotoimintoihin on joissain hankkeissa arvioitu myös kustannusten avulla. Ympäristövaikutusten kustannuksia ei arvioihin ole sisällytetty.

Tieliikenteen aiheuttamien melu- ja pakokaasuhaittojen lisääntyessä on useissa eri yhteyksissä esitetty, että haittojen aiheuttamat kustannukset pitäisi myös ottaa huomioon hankkeiden edullisuusvertailuissa. Erityisesti eri liikennemuotojen hyötyjä ja haittoja vertailtaessa on haittojen kustannukset haluttu sisällyttää arviointeihin.

Toinen parlamentaarinen liikennekomitea esitti keväällä 1991, että liikenteen aiheuttamien ympäristöhaittojen suuruus ja niiden taloudellinen arvo tulee selvittää laajan, Suomen olosuhteisiin perustuvan tutkimuksen avulla /1/. Komitea edellytti myös, että kaikkien liikennemuotojen suurista kehittämishankkeista on tehtävä laaja yhteiskuntataloudellinen selvitys, jossa arvioidaan hankkeesta aiheutuvat hyödyt ja haitat. Hyötyjä ja haittoja arvioitaessa on otettava huomioon mm. ympäristövaikutukset. Hyödyt ja haitat tulee komitean mielestä pyrkiä arvioimaan mahdollisimman pitkälti rahassa.

2 TEHDYT SELVITYKSET

2.1 Melun ja pakokaasuhaittojen hinnoittelu ulkomailta

Keväällä 1990 selvitettiin eri maiden tielaitosten käyttämiä menetelmiä ympäristövaikutusten kustannusten arvioimiseksi/2/. Ruotsissa, Tanskassa ja Saksassa määritellään tiehankkeissa kustannukset melulle ja pakokaasupäästöille. Eri maiden käytössä olevat menetelmät poikkeavat huomattavasti toisistaan. Menetelmien perusteet pohjautuvat karkeisiin lähtötietoihin pakokaasujen ja melun aiheuttamien haittojen laadusta, määrästä ja kustannuksista. Haittojen yksikköhintoja on tiedon lisääntyessä nostettu, mutta eri maiden välillä on hinnoissa kertaluokan eroja. Norjassa arvioidaan kustannukset melusta mutta ei päästöistä. Englannissa selvitetään mahdollisuuksia arvottaa melua, päästöjä ja muita ympäristövaikutuksia.

Melun ja päästöjen haittojen kustannuksia määriteltäessä on perusteena ollut joko haittojen estämiskustannukset tai haittojen aiheuttamat taloudelliset menetykset.

Menetelmissä arvioidaan tien läheisyydessä melulle ja saasteille alttiiksi joutuvien ihmisten määrä. Osassa menetelmiä arvioidaan päästöjen vaikutusta happamoitumiseen ja maapintatason otsoniin sekä näistä aiheutuvia kustannuksia. Ilmaston muutoksen aiheuttamia kustannuksia ei ole arvioissa ollut mukana.

Melun häiritseväksi kokevan yksikköhinta on tällä hetkellä Ruotsin tielaitoksessa 7 000 SEK/altistunut henkilö ja Norjassa 10 100 NOK/altistunut henkilö. Ruotsin tielaitoksessa pakokaasut häiritseväksi kokevan henkilön yksikköhinta on 15 500 SEK/altistunut henkilö. Pakokaasuille tai melulle altistuneeksi arvioidaan asukkaat, joiden asuinalueella melu- ja pitoisuustasot ohjearvojen yläpuolella. Ruotsissa lasketaan typen oksidien päästöille kustannukset. Typen oksidien yksikköhinta on 18 000 SEK/tonni NO_x. Kaikki edellä mainitut kustannukset ovat vuosikustannuksia vuonna 1990. Ruotsissa arvioidaan taajamissa raskaiden ajoneuvojen päästöjen aiheuttaman korroosion kustannukset. Yksikköhinta on 0,06-0,14 SEK/ajokilometri.

Vuonna 1990 tehtiin OECD:ssä selvitys, jossa on arvioitu tieliikenteen melusta, päästöistä ja onnettomuuksista aiheutuvia kustannuksia yhteiskunnalle /3/. Tietoja oli käytettävissä vain muutamista maista. Kustannukset määriteltiin joko haittojen vähentämiskustannusten (meluesteet, katalysaattori) tai haittojen aiheuttamien taloudellisten menetysten avulla (sairaanhoitokustannukset, metsän tuoton vähenemä).

Eri maiden keskiarvo tieliikenteen päästöjen kokonaiskustannuksille on 0,4 % bruttokansantuotteesta. Raskaiden ajoneuvojen haittavaikutus arvioitiin kolminkertaiseksi henkilöautoon verrattuna. Arvioissa ei ole mukana ilmaston muutoksen aiheuttamia kustannuksia. Tieliikenteen melun aiheuttamien kustannusten keskiarvo oli vastaavasti 0,1 % BKT:sta. Eri maiden välillä on kustannuksissa selviä eroja, jotka aiheutuvat osaksi käytettyjen menetelmien eroista. Esimerkiksi Saksassa melun kustannusten on arvioitu pääosin aiheutuvan kiinteistöjen arvonalenemasta ja vähäisessä määrin ihmisten kokemasta häiriöstä. EY-maiden pakokaasujen kustannukset on laskettu estämiskustannusten avulla. Tieliikenteen onnettomuuskustannusten osuus BKT:sta oli keskimäärin 2 - 2,4 %.

Taulukko 1: Arvio tieliikenteen pakokaasupäästöjen ja melun aiheuttamista yhteiskunnallisista kustannuksista eri maissa 80-luvun lopun tilanteessa /3/.

Maa	Osuus BKT:sta (%)	
	PAKOKAASUT	MELU
Hollanti	0,15 - 0,2	0,02 - 0,1
Saksa	0,4	1,0
Ranska	0,07 - 0,17	0,08 - 0,2
Englanti	0,16	-
EY-maat	0,5	-
Norja	-	0,06

Ruotsissa tieliikenteen melun ja pakokaasupäästöjen yhteiskunnallisia kustannuksia on arvioitu kahdella eri tavalla. 80-luvun puolivälissä haitat arvotettiin resurssien menetysten avulla. Pakokaasujen kustannukset olivat tämän mukaan 520 - 1 820 milj. SEK vuodessa. Tällä hetkellä pakokaasujen kustannukset arvioidaan pääosin päästöjen vähentämiskustannusten avulla. Ruotsin valtioneuvosto on tehnyt periaatepäätöksen, jonka mukaan energiatuotantolaitosten typen oksidien päästöjen vähentämistekniikka katsottiin yhteiskunnallisesti kannattavaksi, jos kustannus on pienempi kuin 40 SEK/kg NO_x. Liikenteen typen oksidien päästöille käytetään vastaavaa yksikköhintaa ja muille tieliikenteen päästöille (häkä, hiilivedyt, rikkidioksidi ja hiukkaset) määritellään yksikköhinnat toksisuuskerroimien avulla. Toksisuuskerroimet määräytyvät saasteiden vaikutusten perusteella. Hiilidioksidille käytettiin yksikköhintana 0,25 SEK/kg CO₂. Näin määriteltynä tieliikenteen pakokaasupäästöjen kokonaiskustannukset olivat vuonna 1989 17,2 miljardia kruunua, josta vaikutukset luontoon olivat 8,8 mrd SEK, terveysvaikutukset 3,8 mrd SEK ja ilmaston muutos 4,7 mrd SEK /4/. Pakokaasujen kustannukset bruttokansantuotteesta ovat 1 % ja hiilidioksidipäästöt 0,4 % BKT:sta. Tieliikenteen melun kustannukset olivat 2,8 mrd SEK eli 0,2 % BKT:sta. Kustannukset on arvioitu meluntorjunnan kustannusten avulla.

2.2 Haittojen arvottamisen periaatteet

Tieliikenteen melun ja pakokaasupäästöjen haittojen arvottamiseen rahassa voidaan käyttää seuraavia periaatteita:

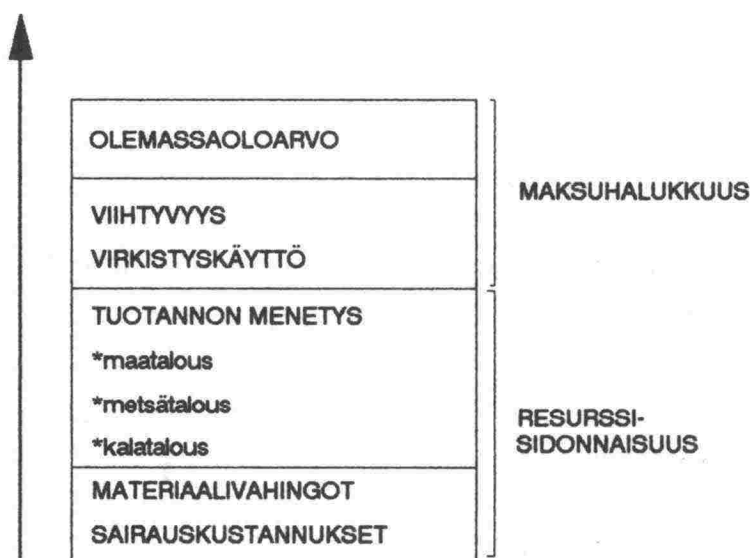
- estäminen / vähentäminen, halutun päästö- tai melutason saavuttamisen hinta; meluntorjunnan ja pakokaasujen vähentämistekniikan aiheuttamat kustannukset
- maksuhalukkuus, paljonko ihmiset tai yhteiskunta ovat valmiita maksamaan paremmasta ympäristöstä, esim. päästöjen ja melun vähene- misestä
- resurssien menetys, päästöjen ja melun aiheuttamien haittojen taloudelliset menetykset. Näitä voi syntyä metsän tuoton vähenemisestä, sairaan- hoidosta, likaantumisesta jne.

Hinnoittelutyöryhmän esitystä varten haittojen arvottamisen periaatteita selviteltiin kahdessa eri projektissa. Lisäksi on kerätty tietoja melun ja pakokaasujen vähentämisen kustannuksista Suomessa.

Liiketaloustieteellinen tutkimuslaitos selvitti maksuhalukkuusmenettelyn käyttöä melun ja pakokaasujen aiheuttamien haittojen hinnoittelussa /5/. Samalla selviteltiin myös maksuhalukkuusmenettelyn soveltumista onnetto- muus- ja aikakustannusten määrittämiseen.

Melun ja päästöjen yhteiskunnalliset vaikutukset voidaan jakaa aineellisiin ja aineettomiin vaikutuksiin. Ilman saasteiden vähenemisen **aineellisia hyötyjä** ovat lähinnä metsä-, maa- ja kalatalouden tuotoksen paraneminen, sairaan- hoidon resurssien vapautuminen, sairauksien aiheuttamien tuotannon- menetysten vähentyminen ja materiaalien korjaustarpeen väheneminen. Aineellisten hyötyjen kustannukset tulisi selvittää resurssien menetysten avulla.

Aineettomia hyötyjä ilman saasteiden ja melun vähenemisen seurauksena ovat viihtyvyyden lisääntyminen, metsä- ja vesialueiden virkistyskäyttöarvon nousu, historiallisten rakennusten ja muistomerkkien säilyminen. Näiden hyötyjen arvoa voidaan niiden subjektiivisen luonteen takia arvioida lähinnä maksuhalukkuuksiin perustuvien menetelmien avulla /5/.



Kuva 1: Ympäristöhaittojen arvottamisen periaate

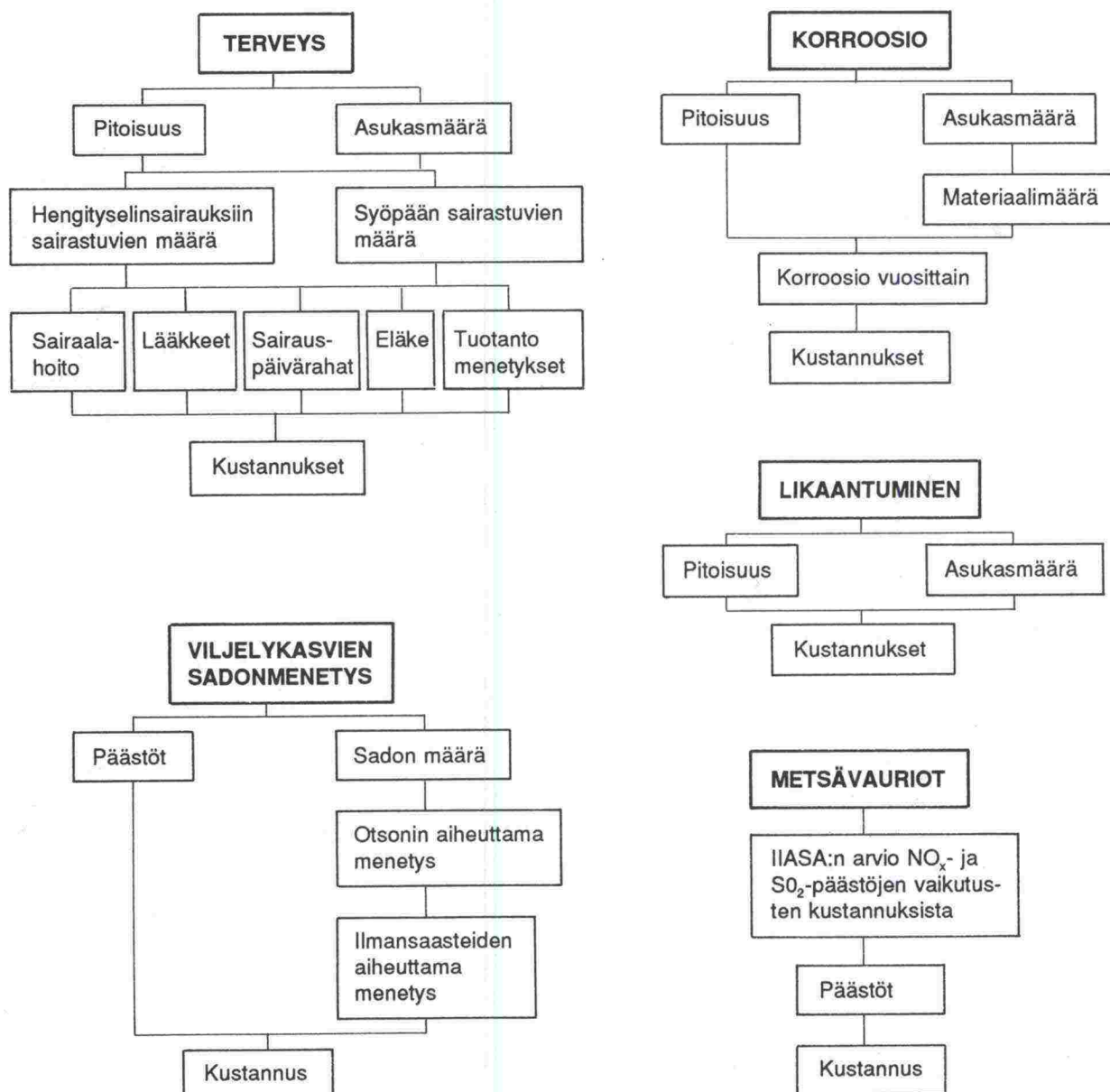
Maksuhalukkuusmenettelyä on käytetty jonkin verran ympäristövaikutusten kustannusten arvioimisessa. Yksinomaan tieliikennettä koskevia selvityksiä ei ole tehty. Saksassa, Norjassa ja Hollannissa on tehty kyselyjä ihmisten halusta maksaa tietyn alueen ilmanlaadun paranemisesta. Liikenne on ollut näissä mukana yhtenä ilmanlaatuun vaikuttavana tekijänä.

Ekono Ympäristötekniikka selvitti tieliikenteen pakokaasujen haittojen arvottamista resurssien menetysten avulla. Selvityksessä arvioitiin ainoastaan ilman saasteiden aineellisten vaikutusten kustannuksia. Selvityksessä laskettiin käytettävissä olevien ilman saasteiden vaikutustietojen avulla arvio tieliikenteen päästöjen vuonna 1989 aiheuttamista kustannuksista Suomessa /6/.

Tieliikenteen päästöjen haitoista tarkasteltiin korroosiota, likaantumista, terveyshaittoja sekä metsien ja peltujen tuoton menetyksiä. Ilman saasteiden aiheuttamien haittojen arvioimiseen käytettiin lähinnä ulkomaisten selvitysten annos-vaikutustietoja. Suomen tieliikenteen päästöjen haittojen määrä arvioitiin tieliikenteen aiheuttamien päästöjen, pitoisuuksien ja laskeuman avulla. Haittojen kustannukset laskettiin Suomen kustannustason perusteella vuoden 1989 hintatasossa.

Tieliikenteen päästöjen aiheuttamat kustannukset ovat tehdyn laskelman mukaan noin 1,2 miljardia markkaa vuonna 1989 (kts liite 1) /6/. Laskelmassa on jouduttu tekemään useita olettamuksia ja yleistyksiä, joten kustannukset ovat karkea arvio pakokaasujen kustannuksista. Ekonon laskelmassa ei ole mukana globaalisten vaikutusten ja viihtyvyshaittojen kustannuksia. Kustannuksia arvioitaessa tehtiin herkkyystarkasteluja ja selvitettiin niiden vaikutuksia kokonaiskustannuksiin.

Selvityksessä laskettiin eri päästölajien osuus kokonaiskustannuksista. Kustannukset määritettiin typen oksideille, hiilivedyille, rikkidioksidille, hiukkasille ja päästöistä muodostuvalle otsonille. Näitä tietoja käytetään hyväksi arvioitaessa päästöjen yksikkökustannuksia. Kuvaan kaksi on kerätty käytetyt lähtötiedot kustannusten laskemisessa. Osaa näistä tekijöistä on jouduttu käyttämään apuna lähtötietojen määrittämisessä. Esimerkiksi korroosiohaittoja määrittäessä on asukasmäärien perusteella laskettu materiaalmäärät taajamissa.



Kuva 2: Pakokaasujen haittojen määrän ja kustannusten arvioinnissa käytetyt lähtötiedot.

2.3 Haittojen määrittäminen

Tiehankkeiden suunnittelussa pyritään käyttämään yhtenäistä ympäristövaikutusten arviointimenettelyä. Tämän menettelyn yhteydessä selvitetään tiehankkeen liikenteen vaikutukset mm. melutasoihin, päästöihin, pitoisuuksiin ja haitankokijoiden määrään. Melun ja päästöjen vaikutuksista tehdään laadullinen arvio. Laadullisessa arviossa selvitetään hankkeen vaikutusten merkittävyyttä ympäristön tilassa tapahtuvissa muutoksissa. Tiehankevaihtoehtojen vaikutuksia verrataan keskenään ja arvioidaan, kuinka eri vaihtoehdot toteuttavat hankkeelle asetetut ympäristötavoitteet. Suunnittelun aikana tehdyistä vaikutusselvityksistä saadaan lähtötiedot melun ja pakokaasujen kustannusten arvioimiselle.

Tiehankkeiden päästöt lasketaan Kehar-ohjelmiston avulla tai vastaavilla malleilla. Päästöjen laskentaan tarkoitettuja malleja on kehitetty siten, että ajo-olosuhteet ja ajoneuvojen tekninen kehittyminen voidaan laskelmissa ottaa huomioon. Päästöjen aiheuttamien pitoisuuksien laskemiseen on käytettävissä mallit erikseen kaduille ja maanteille /7/. Melutasojen laskemiseen on annettu suunnittelijoille ohjeita /8/.

Tiehallituksen toimeksiannosta VTT:n yhdyskunta- ja rakennussuunnittelun laboratorio selvittää menetelmää, jolla voidaan nykyisen tien ja tulevan tien läheisyydessä arvioida asukkaiden määriä melualueilla. Nykyisen maankäytön asukasmäärät lasketaan väestörekisterikeskuksen tietojen avulla ja tulevan maankäytön asukasmäärät yleiskaavojen avulla. Ohjeet menetelmän käytöstä valmistuvat keväällä 1992.

Tieliikennemelun haitalliset vaikutukset aiheutuvat unen ja levon häiriintymisestä, keskustelun ja keskittymistä vaativan työn häiriintymisestä ja näistä aiheutuvasta ärsyyntymisestä. Pakokaasujen haitallisia vaikutuksia ihmiselle ovat erilaiset sairaudet ja viihtyvyyden aleneminen. Viihtyvyyden alenemista aiheuttaa pakokaasujen hajuista, näkyvyyden huononemisesta ja likaantumisesta.

Norjalaisessa tutkimuksessa on selvitetty ihmisten kokeman haitan määrää eri pakokaasupitoisuuksilla. Haastatelluista 25 % piti pakokaasuja erittäin häiritsevinä hääpitoisuudella 3 mg/m³ ja 55% vähän häiritsevinä /9/. Häkää käytettiin indikaattoriaineena kuvamaan pakokaasujen eri yhdisteiden pitoisuuksia. Norjalaisissa tutkimuksissa on selvitetty kyselyjen avulla myös eri melutasojen häiritsevyyttä 80-luvun lopulla /10/.

Taulukko 2: Melun häiritseväksi kokevien määrä eri melutasoilla norjalaisen tutkimuksen mukaan /10/.

Melutaso L_{Aeg} vrk	Häiritsee merkittä- västi (%)	Häiritsee vähän (%)	Ei häiritse (%)
< 55 dB	10	20	70
55-65 dB	33	33	33
> 65 dB	50	25	25

Kansanterveyslaitos selvitti pakokaasujen ja melun terveysvaikutuksia, arvioi eri maissa käytössä olevien melun ja saasteiden terveyshaittojen määrittämenetelmiä ja luonnosteli suomalaisiin olosuhteisiin soveltuvaa mallia /11/.

Ulkomaisissa laskentamalleissa lasketaan epäpuhtauspitoisuudet ja melutasot väylän läheisyydessä ja arvioidaan altistuvien ihmisten lukumäärä. Haitan määräytymisen rajatasoina on käytetty kunkin maan ilman laadun ja melun ohjearvoja.

Kansanterveyslaitos esittää melun vaikutusten tarkasteluun tiehankkeissa tuntikohtaista tarkastelua, jossa otetaan huomioon mm. ekvivalenttitasot, maksimitasot, melutapahtumien lukumäärä, esiintymistiheys ja kesto. Erityisesti yöaikaan ovat melun maksimitaso ja melutapahtumien lukumäärä usein ekvivalenttitasoa tärkeämpiä tunnuslukuja. Raportissa todetaan lisäksi, että mikäli eri hankevaihtoehdoissa liikenteen koostumuksessa ei ole suuria eroja voidaan haitan määrän kuvaamiseen käyttää pelkästään ekvivalenttitasoa, jos tasot kalibroidaan toistensa suhteen /11/.

Pakokaasujen terveys- ja viihtyvyysvaikutusten tarkasteluun tiehankkeissa kansanterveyslaitos esittää typpidioksidin ja hiilimonoksidin arviointia. Suomen kylmän ilmaston, saasteiden yhteisvaikutusten sekä viihtyvyyden alenemisen vuoksi haitan määräytymisen alarajana tulisi tällöin olla hiilimonoksidin kahdeksan tunnin pitoisuus $1-3 \text{ mg/m}^3$. Tällöin oletetaan hiilimonoksidin kuvaavan kaikkien yhdisteiden vaikutuksia /11/.

3 MELUN JA PÄÄSTÖJEN KUSTANNUKSET

3.1 Pakokaasujen ja melun haittojen kustannukset vuonna 1989

Hinnoittelutyöryhmä on tehtyjen selvitysten avulla arvioinut tieliikenteen melun ja pakokaasujen aiheuttamat kustannukset Suomessa vuonna 1989. Haittojen kustannukset arvioitiin niiden aiheuttamien taloudellisten menetysten avulla lukuunottamatta ilmaston muutoksen kustannuksia. Ilmaston muutoksen kustannukset on arvoitu hiilidioksidipäästöjen kasvun pysähdyttämiseksi tarvittavien maksujen avulla. Kustannuksia arvioitaessa jouduttiin tekemään useita oletuksia ja yleistyksiä.

Hinnoittelutyöryhmän arvion mukaan melun ja pakokaasujen aiheuttamien haittojen kustannukset vuonna 1989 olivat 4,5 miljardia markkaa, josta pakokaasujen osuus oli 2,9 miljardia markkaa ja melun 1,6 miljardia markkaa. Kustannuksiin sisältyy sekä katuliikenteestä ja yleisten teiden liikenteestä aiheutuvat kustannukset.

Taulukko 3: Arvio tieliikenteen pakokaasujen ja melun aiheuttamien haittojen kustannuksista Suomessa vuonna 1989.

PAKOKAASUT	milj.mk
Sairaudet	260
Likaantuminen	410
Korroosio	40
Metsän tuoton menetys	220
Peltojen sadon menetys	220
Viihtyvyyys*	300
Ilmaston muutos**	1 500
YHTEENSÄ	2 900
 MELU	
Viihtyvyyys	1 600
 YHTEENSÄ	 4 500

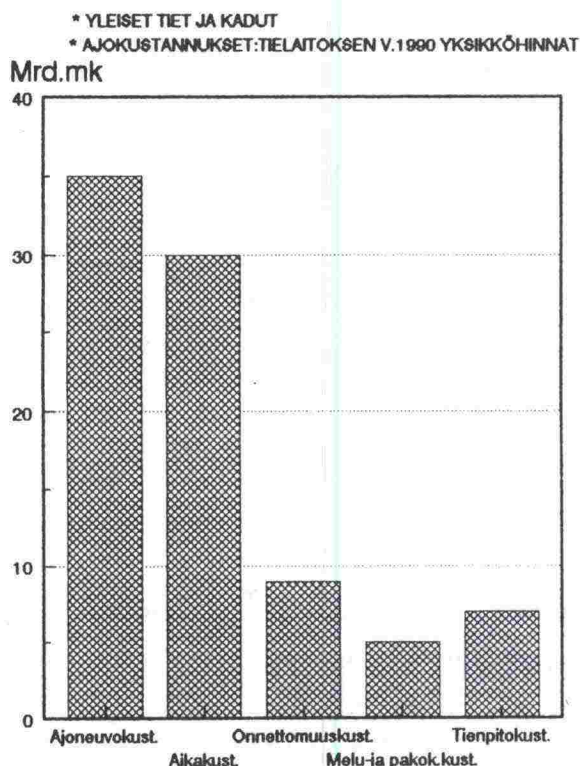
* Hinnoittelutyöryhmän oma arvio

**Arvioitu CO₂-päästöjen kasvun pysähdyttämiseksi tarvittavien taloudellisten ohjauskeinojen avulla /13/

Suomen bruttokansantuote vuonna 1989 oli 495 miljardia markkaa. Pakokaasupäästöjen kustannukset olivat tämän mukaan 0,3 % BKT:sta ja hiilidioksidipäästöjen kustannukset 0,3 % BKT:sta. OECD:ssä vuonna 1990 tehdyssä arviossa olivat eri maiden pakokaasupäästöjen kustannukset keskimäärin 0,4 % BKT:sta. OECD:n arviossa ei ole mukana ilmaston muutosta. Pakokaasujen osalta hinnoittelutyöryhmän arvio vastaa OECD:n keskimääräistä tasoa.

Melun aiheuttamien haittojen kustannukset olivat 0,3 % BKT:sta. OECD:n arviossa kustannukset olivat keskimäärin 0,1 % BKT:sta ja vaihteluväli kustannuksissa oli suuri (vrt taulukko 1). Erot aiheutuvat lähinnä kustannusten laskennassa käytettyjen periaatteiden erilaisuudesta. Melun haittojen kustannukset Suomessa ovat samalla tasolla kuin Ruotsissa.

Tie- ja katuliikenteen ajokustannukset vuonna 1989 olivat 75 mrd. markkaa. Kustannukset on laskettu tielaitoksen vuoden 1990 yksikköarvojen ja vuoden 1989 onnettomuus- ja liikennemäärätietojen avulla. Aikakustannukset olivat 30 mrd. markkaa, ajoneuvokustannukset 35 mrd. markkaa ja onnettomuuskustannukset 9,5 mrd. markkaa. Melun ja pakokaasujen kustannukset ovat 4,5 mrd. markkaa eli 6 % ajokustannuksista. Vuonna 1989 liikennesuorite yleisillä teillä ja kaduilla oli 39 mrd. kilometriä, joten ajokilometriä kohden laskettuna melu- ja pakokaasukustannukset olivat keskimäärin 11 penniä / km.



Kuva 3: Ajo- ja ympäristökustannukset sekä tienpitokustannukset vuonna 1989 (yleiset tiet ja kadut).

3.2 Käytetyt menetelmät pakokaasujen ja melun kustannusten arvioimiseksi

Ulkomaisesta kirjallisuudesta saatiin melko runsaasti tietoja ilman saasteiden ja melun vaikutuksista ja tavoista määrittää haittojen kustannuksia taloudellisten menetysten avulla. Pakokaasujen aiheuttamien haittojen määrää ja kustannuksia arvioitaessa jouduttiin tekemään useita oletuksia. Arvioissa käytetyt oletukset ja niiden perusteet sekä käytössä olevien tietojen puutteet on raportoitu erikseen /6/.

Pakokaasujen aiheuttamien viihtyvyshaittojen kustannukset on työryhmä arvioinut. Ilmaston muutoksen kustannuksia ei pystytty arvioimaan resurssien menetysten avulla. Tieliikenteen melun aiheuttamien haittojen ja kustannusten määrittelyssä on käytetty vastaavaa periaatetta kuin liikenneministeriölle vuonna 1988 tehdyssä selvityksessä /12/.

Ilman epäpuhtauspitoisuudet ovat kaupunkien keskustoja lukuunottamatta yleensä jääneet alapuolelle terveydellisin perustein annettujen ilman laadun ohjearvojen. Pakokaasut kuitenkin yhdessä muiden ilman saasteiden kanssa lisäävät riskiä sairastua. Tieliikenteen kustannuksia arvioitaessa on oletettu pakokaasujen aiheuttavan vuosittain 80 keuhkosityöpätapausta. Lisäksi oletettiin että ilman saasteiden osuus hengitystiesairaiden potilaiden määrästä vuosittain on 25 %. Tieliikenteen osuus ilman saasteiden aiheuttamista hengitystiesairauksien kokonaiskustannuksista on vuorostaan noin puolet. Sairauksien aiheuttamina kustannuksina on otettu huomioon sairaala- ja avohoitokustannukset, lääkkeet, sairauspäivärahat, työkyvyttömyyseläkkeet ja työnantajien tuotannonmenetyskustannukset. Pakokaasujen aiheuttamien **sairauksien** kustannuksiksi arvioitiin vuoden 1989 tasolla 260 milj. markkaa /6/. Arviossa ei ole mukana sairauksien ja mahdollisen kuoleman aiheuttamaa hyvinvoinnin menetystä.

Pakokaasujen aiheuttamat **likaantumisen ja korroosion** haitat esiintyvät taajamissa ja kaupungeissa. Näiden haittojen kokonaiskustannukset vuonna 1989 olivat 450 milj.mrk /6/. Kustannukset on arvioitu materiaalien uusimis-, maalaus- ja puhdistuskustannusten avulla. Likaantumisen kustannukset on arvioitu kotitalouksien lisääntyneiden siivouskertojen avulla. Likaantumisen aiheuttamat haitat ovat samantyyppisiä kuin viihtyvyshaitat.

Ilman saasteiden aiheuttamien **metsävaurioiden ja metsän tuoton vähenemän** seurauksena muodostuvat kustannukset on arvioitu kansainvälisen tutkimuslaitoksen IIASA:n tekemien laskelmien perusteella. Kustannukset on arvioitu olettaen, että ilman epäpuhtauksien aiheuttamista vaurioista 70% aiheutuu rikki- ja typpilaskeumasta ja 30% muista ilman epäpuhtauksista /6/.

Tieliikenteen kustannukset on arvioitu pakokaasujen laskeumatietojen avulla. Metsän tuoton vähenemän kustannukset 220 milj.mk vuonna 1989.

Ilman saasteiden aiheuttamat **sadonmenetykset** arvioitiin käyttäen hyväksi ruotsalaista tutkimusta otsonin aiheuttamista viljelykasvien sadonmenetyksistä. Lisäksi oletettiin, että otsoni aiheuttaa sadon menetyksistä puolet eli kokonaiskustannukset ovat kaksinkertaiset otsonin aiheuttamiin kustannuksiin nähden /6/. Tieliikenteen aiheuttamat peltoviljelyn sadonmenetykset olivat 220 milj.mk vuonna 1989.

Kesäkuussa 1991 valmistuneessa hiilidioksiditoimikunnan mietinnössä /13/ todetaan, että 150 markkaa hiilidioksiditonnilta (36 p/bensiinilitra, 39 p /dieselöljylitra) verona saattaisi riittää pysähdyttämään hiilidioksidipäästöjen kasvu. Tämä edellyttää, että kaikissa teollisuusmaissa noudatettaisiin yhdenmukaista politiikkaa. Toimikunnan mietinnössä todetaan, että yhteiskunnalliset kustannukset tuotannon ja tulojen menetyksenä olisivat verosta aiheutuvia kustannuksia pienemmät. Tieliikenteen hiilidioksidipäästöt olivat vuonna 1989 10 milj. tonnia, joten **ilmaston muutoksen aiheuttamat** kustannukset olivat 1 500 milj. markkaa. Kustannukset kuvaavat osittain yhteiskunnan maksuhallukkuutta, joten perusteet eroavat tämän selvityksen muiden haittojen arvottamisen periaatteista.

Pakokaasujen aiheuttaman **viihtyisyyden vähenemisen** kustannuksia voidaan arvioida lähinnä kyselytutkimusten avulla. Suomessa eikä myöskään ulkomailla ole käytettävissä tällaisten tutkimusten tuloksia. Norjassa on 80-luvun puolivälissä tehty kyselyjä pakokaasujen häiritsevyydestä ja nämä tulokset osoittavat selvästi pakokaasujen aiheuttaman viihtyvyshaitan /9/. Hinnoittelutyöryhmässä pyrittiin määrittämään suuruusluokka-arvio viihtyvyshaitoille ja päädyttiin arvioon 300 milj. markkaa. Arvio perustuu sairauskustannusten avulla tehtyyn arvioon ja näkemykseen, että pakokaasujen viihtyvyshaitat ovat samaa suuruusluokkaa kuin terveyshaitat.

Tieliikenteen **melun vaikutukset** aiheutuvat lähinnä viihtyisyyden vähenemisestä. Melun terveys- ja viihtyvyshaittojen kustannuksia on vaikea erotella. Melun aiheuttamien kokonaiskustannusten arvioimiseksi tarvitaan tiedot tieliikenteen melualueilla asuvien määrästä. VTT:n vuonna 1988 liikenneministeriölle tekemän selvityksen mukaan yli 55 dB:n melualueilla asui 840 000 ihmistä /12/. Melun kustannukset arvioidaan melun häiritseväksi kokevien asukkaiden määrien avulla. Melun häiritseväksi kokevien määrä eri melutasoilla perustuu hinnoittelutyöryhmän arviossa Norjassa 80-luvun lopulla tehtyihin kyselyihin /10/. Kustannuksia arvioitaessa on oletettu haittaa aiheutuvan, kun ihminen kokee melun merkittävästi häiritseväksi (vrt. taulukko 2). Melutasolla 55-65 dB melun häiritseväksi kokevien määrää on nostettu

LM:lle tehtyyn selvitykseen verrattuna. LM:lle tehdyssä selvityksessä melun häiritseväksi kokevien määrä perustui Ruotsin tielaitoksen käyttämään arvioon.

Taulukko 4. Arvio yleisten teiden ja katujen melualueilla asuvien määrästä ja melun häiritseväksi kokevien määrästä vuonna 1989 /10,12/.

dB	Asuvia	Melun häiritseväksi kokevat	
		osuus	määrä
55-65	588 000	33 %	194 000
65-70	210 000	50 %	105 000
70-	42 000	100 %	42 000
Yht.	840 000		341 000

Melun aiheuttamaa viihtyvyshaitta voidaan arvottaa lähinnä maksuhalu-
kuusmenettelyllä. Tuloksia tällaisista selvityksistä ei ole käytettävissä ja tämän
vuoksi hinnoittelutyöryhmä päätyi käyttämään kustannusten arvioimisessa
LM:lle tehdyn selvityksen periaatetta /12/. Melun aiheuttama häiriö arvioitiin
selvityksessä häiriön keston ja tielaitoksen käyttämien ajan yksikköarvojen
avulla. Melusta oletettiin aiheutuvan häiriötä vuorokauden aikana 15 kertaa
ja häiriön kesto olevan yhteensä 15 minuuttia. Häiriöstä osan oletetaan tapah-
tuvan työaikana ja osan vapaa-aikana ja kustannusten arvioimiseen on käy-
tetty vastaavia ajan yksikköhintoja. Melusta häiriintyvälle aiheutuu silloin vuo-
den aikana 4 900 markan kustannukset. Kustannus on määriteltä tielaitoksen
vuoden 1990 ajan yksikköarvoja käyttämällä. Melun yksikköhinta on
vastaavaa tasoa kuin Norjan ja Ruotsin käyttämät yksikköhinnot. Ruotsissa
käytetty yksikköhinta on arvioitu meluntorjunnan kustannusten avulla.

Melun kokonaiskustannukset ovat melun aiheuttaman haitan avulla laskettuna
1 600 milj.mk. Tällöin on oletettu, että katujen ja yleisten teiden varrella
melualueilla asuvien määrä on 840 000 ihmistä ja melun häiritseväksi
kokevien ihmisten määrä on 341 000.

Tiehallituksen vuonna 1991 teettämässä yleisten teiden meluhäiriöselvi-
tyksessä on arvioitu, että yleisten teiden 55dB-melualueilla asuu noin 350 000
ihmistä /14/. Suuruusluokaltaan arvio vastaa liikenneministeriölle 1988 tehtyä
arviota. Yleisten teiden osuutta ei LM:n selvityksessä ole erikseen laskettu.
Yleisten teiden varrella melun häiritseväksi kokevien ihmisten määrä on
hinnoittelutyöryhmän esittämien periaatteiden mukaisesti 125 000 ja
meluhaittojen kustannukset 620 milj.mk.

4 HINNOITTELUN PERIAATTEET TIENSUUNNITTELUSSA

Melun ja pakokaasujen haitat tulisi hinnoitella tiensuunnittelussa taloudellisten menetysten ja ihmisten maksuhalukkuuden avulla. Maksuhalukkuutta tulisi käyttää melun ja pakokaasujen viihtyvyshaittojen arvottamisessa. Suomessa tai muissa maissa ei ole käytettävissä tuloksia ihmisten maksuhalukkuudesta, joten melun ja pakokaasujen aiheuttamien viihtyvyshaittojen arvottamisessa käytetään hinnoitteluryhmän arviota. Jatkossa on syytä tehdä maksuhalukkuusselvityksiä.

Tehty arvio melun ja pakokaasujen kustannuksista perustuu nykyisen kuormituksen aiheuttamiin haittoihin. Ympäristön tilassa tapahtuvat muutokset ja tarkentuvat tiedot ympäristöhaittojen syistä tulevat edellyttämään määrääjain tarkistuksia laskentaperiaatteissa ja yksikköhinnoissa.

4.1 Pakokaasut

Tiehankkeen ympäristövaikutusarvion yhteydessä selvitetään liikenteen aiheuttamat päästömäärät ja päästöjen aiheuttamat pitoisuudet tien läheisyydessä. Päästölaskelmat tehdään hiilimonoksidille, typen oksideille, hiilivedyille, hiukkasille ja hiilidioksidille. Pitoisuusarviot tehdään typpidioksidille ja hiilimonoksidille. Päästöjen ja pitoisuuksien laskemisessa otetaan huomioon ajoneuvojen päästömäärien väheneminen tulevaisuudessa, joten päästöt vähenevät nykyisestä tulevaisuudessa liikennemäärien kasvusta huolimatta.

Pakokaasujen aiheuttamiin haittoihin vaikuttaa olennaisesti se millaisessa ympäristössä päästöt tulevat ilmaan. **Hinnoittelutyöryhmä päätyi menetelmään, jossa pakokaasujen hinnoittelu tehdään tiehankkeissa päästömäärien avulla.** Ympäristövaikutusten arvioinnin yhteydessä otetaan huomioon myös päästöjen merkitys erilaisissa ympäristöissä. Tietojen lisääntyessä hinnoittelumenetelmää on kuitenkin arvioitava uudelleen ja selvitettävä erilaisten ympäristöjen vaikutusta pakokaasujen aiheuttamiin kustannuksiin.

Tieliikenteen aiheuttamat häkä- ja typpidioksidipitoisuudet jäävät tulevaisuudessa suurillakin liikennemäärillä selvästi alle nykyisin voimassa olevien terveydellisin perustein annettujen ilmanlaadun ohjearvojen. Pitoisuudet laskevat ajoneuvotekniikan kehittymisen seurauksena.

Kansanterveyslaitos esitti pakokaasujen viihtyvyshaitan määritysrajaksi häkäpitoisuuden arvoa 1-3 mg/m³. Tällöin häkäpitoisuus kuvaa myös muiden yhdisteiden vaikutusta. Väylän läheisyydessä pakokaasuille alttiiksi joutuvien määrä jää näilläkin arvoilla tulevaisuudessa melko vähäiseksi. Näille pitoisuuksille altistuisi ihmisiä lähinnä suurimpien kaupunkien pääväylien välittömässä läheisyydessä. Tiehankkeen eri vaihtoehtojen välillä ei pakokaasuille altistuvien määrissä olisi merkittäviä eroja.

Tieliikenteen pakokaasujen aiheuttamien haittojen kokonaiskustannukset voidaan jakaa eri ilman saasteille tehtyjen selvitysten perusteella /6/. Otsonia muodostuu ilmassa typen oksideista ja hiilivedyistä. Tiehankkeen liikenteen aiheuttamaa otsonia ei voida arvioida päästömääränä. Tieliikenteen päästöjen aiheuttaman otsonin haittojen kustannukset 210 milj. markkaa on tämän vuoksi jaettu typen oksideille ja hiilivedyille. Viihtyvyshaittojen kustannukset 300 milj.mrk on jaettu typen oksideille, hiilivedyille ja hiukkasille. Taulukossa 5 on esitetty tieliikenteen eri päästölaajien kustannukset vuonna 1989. Hiilimonoksidin ja rikkidioksidin aiheuttamien haittojen kustannukset ovat niin vähäiset, että ne eivät vaikuta oleellisesti kokonaiskustannuksiin. Näiden tietojen avulla voidaan määrittää eri päästökomponeenttien yksikkökustannukset (mk/tonni) tai ajoneuvokohtaiset kustannukset (p/ajokm).

Taulukko 5: Tieliikenteen päästöjen määrä ja arvio eri päästölaajien kustannuksista Suomessa vuonna 1989.

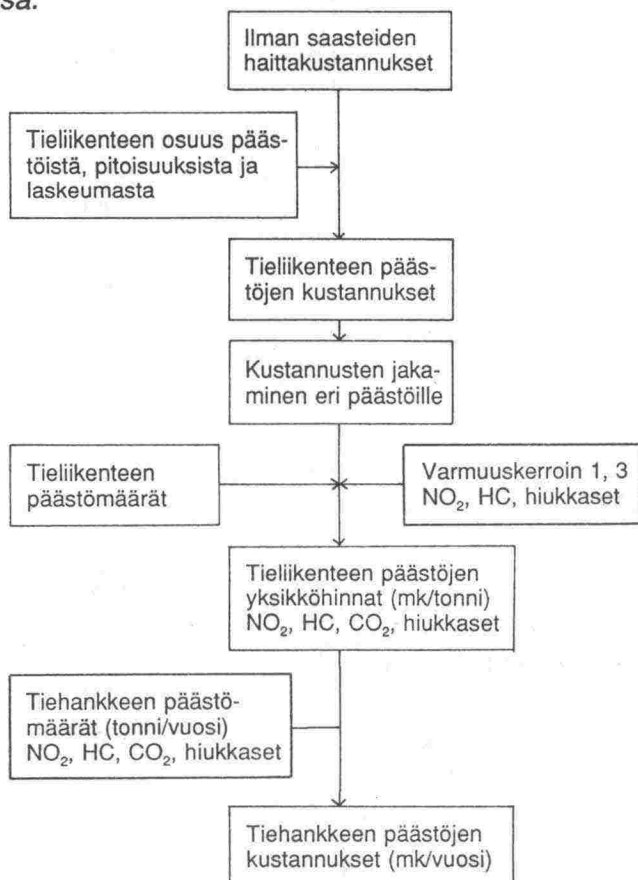
	Typen oksidit milj.mrk/vuosi	Hiilivedyt	Hiukkaset	Hiilidioksidi
Sairaudet	68	32	160	
Likaantuminen			410	
Korroosio	21			
Metsät	114	57	27	
Pellot	112	83	13	
Viihtyvyys	100	100	100	
Ilmaston muutos				1500
TELIIKENTEEN KUSTANNUKSET 1989 milj.mrk/vuosi				
	415	272	710	1500
TELIIKENTEEN PÄÄSTÖT 1989 tonnia/vuosi				
	123 000	40 700	11 600	10 000 000

Pakokaasujen kustannuksia arvioitaessa on pyrittiin mahdollisimman monien vaikutusten kustannukset laskemaan. Kuitenkin jää tekijöitä, joita ei välttämättä vielä tunneta tai vaikutukset ovat vähäisiä. Tämän vuoksi **hinnoittelutyöryhmä päätyi käyttämään varmuuskerrointa 1,3 yksikköhinnoja määriteltäessä. Kerrointa käytetään typen oksidien, hiilivetyjen ja hiukkasten yksikköhinnoissa.**

Edellä esitettyjen eri päästölajien kustannusten, varmuuskertoimen ja ajoneuvojen ominaispäästöjen avulla saadaan kevyille ja raskaille ajoneuvoille alustavat keskimääräiset yksikkö hinnat tiensuunnitteluun. Nykyisten ilman katalysaattoria varustettujen autojen kustannukset maantieajossa ovat keskimäärin 6,5 p/ajokm ja kaupunkiajossa 7,0 p/km. Katalysaattorilla varustetun auton päästöt ovat nykyisiin autoihin verrattuna 70 - 80 % alhaisemmat ja vastaavasti ovat kustannukset myös alhaisemmat. Nykyisten raskaiden ajoneuvojen kustannukset ovat maantieajossa keskimäärin 27 p/ajokm ja kaupunkiajossa 32 p/ajokm. Raskaiden ajoneuvojen päästömäärät ja kustannukset ovat tulevaisuudessa 50 - 60 % alhaisemmat.

Tarkemmat menettelyohjeet päästöjen kustannusten laskemiseksi ja lopulliset yksikkö hinnat määritetään kevään 1992 aikana. Kuvassa 4 on esitetty pakokaasupäästöjen kustannusten arvioiminen tiensuunnittelussa.

Kuva 4: Tieliikenteen pakokaasupäästöjen kustannusten arvioinnin periaate tiensuunnittelussa.



4.2 Melu

Useat melun aiheuttamat häiriöt, kuten unen keskeytyminen, riippuvat siitä melutasosta joka vallitsee sisällä. Erityisesti yöaikaan ovat melun maksimitaso ja melutapahtumien lukumäärä ekvivalenttitasoa tärkeämpiä tunnuslukuja. Nämä arvot riippuvat mm. rakennusten eristyksestä, avointen ikkunoiden osuudesta sekä yön raskaan liikenteen määrästä ja nopeudesta. Tällaisten meluarvojen laskeminen vaatii huomattavasti tarkempia lähtötietoja liikenteen koostumuksesta kuin on useinkaan käytettävissä. Liikenteen koostumuksessa ei myöskään usein ole merkittäviä eroja tiehankkeiden eri vaihtoehtoissa.

Päiväajan ulkomelun ekvivalenttitaso on laskettavissa yhtenäisin perustein tiensuunnittelussa. Tutkimukset osoittavat myös melko välittömän yhteyden ekvivalenttitason ja asukkaiden kokeman meluhäiriön merkittävyyden välillä siitä riippumatta, mitkä melun osatekijät asukkaita varsinaisesti häiritsevät.

Hinnoittelutyöryhmä päätyi melun hinnoittelussa menetelmään, jossa meluhaitat väylien lähelsyydessä lasketaan päiväajan ulkomelun ekvivalenttitasojen avulla. Meluhaittojen kustannukset lasketaan melun häiritseväksi kokevien asukkaiden määrän ja melun yksikköhinnan avulla.

Tiehankkeissa melualueilla asuvien määrä arvioidaan päivämelun (klo 7-22) ekvivalenttitasojen avulla. Melun häiritseväksi kokevien määrä vaihtelee eri melutasoilla. Tiehankkeissa melun aiheuttamaa haittaa lasketaan aiheutuvan 55 dB:stä lähtien ja eri melutasoilla melun häiritsevänä kokevien osuus lasketaan seuraavin periaattein: melutasolla 55-65 dB melun häiritseväksi kokevien osuus 33 %; melutasoilla 65-70 dB osuus 50 % ja yli 70 dB melutasosta lähtien kaikki kokevat melun häiritsevänä.

Melun aiheuttama häiriö on arvioitu häiriön keston ja tielaitoksen käyttämien ajan yksikköarvojen avulla. Häiriöstä osa tapahtuu työaikana ja osa vapaa-aikana. **Meluhaitan yksikköhintana käytetään 5 000 mk / altistunut henkilö vuoden 1991 hintatasossa.**

Hinnoittelutyöryhmä päätyi käyttämään melun häiritsevyydestä norjalaisia arvioita. Suomesta tarvittaisiin vastaavia selvityksiä, jotta haittojen arvioiminen tarkentuisi. Melun yksikköhinnan tarkentamiseksi tarvitaan maksuhalukkuus-selvityksiä.

4.3 Yhteiskuntataloudelliset laskelmat

Tiehankkeiden yhteiskuntataloudellisten selvitysten avulla tuotetaan tietoa hankkeen aiheuttamista hyödyistä ja haitoista, eri vaihtoehtojen keskinäisestä edullisuudesta ja hankkeen kannattavuudesta. Yhteiskuntataloudellinen tarkastelutapa edellyttää periaatteessa kaikkien välittömien ja välillisten hyötyjen ja haittojen arviointia ja arvottamista rahassa. Kustannukset, hyödyt ja haitat voidaan jakaa seuraaviin ryhmiin:

- tienpitäjän kustannukset
- ajoneuvo-, aika- ja onnettomuuskustannukset
- ympäristökustannukset; mm. melu ja pakokaasut
- välilliset kustannukset; elinkeinoelämä, työllisyys jne

Tiehankkeiden tarveselvityksissä ja yleissuunnitelmissa määritetään hankkeen tarpeellisuus ja selvitetään mikä vaihtoehtoista on edullisin. Vaihtoehtojen vaikutuksia vertaillaan nykytilanteeseen (0-vaihtoehto) tai vähäisin toimenpitein parannettuun nykyverkkoon (0+-vaihtoehto).

Tiehankkeella saavutettavat hyödyt ja haitat otetaan huomioon tietyn laskentajakson ajalta. Yleensä tarkastelujakso on 20-30 vuotta hankkeen arvioidusta valmistumisesta eteenpäin. Laskentakorkoa käytetään eriaikaisten kustannusten, hyötyjen ja haittojen kustannusten diskonttaamiseksi yhteiseen vertailuajankohtaan. Tiehankkeissa käytetään yleensä 6 prosentin korkokantaa ja kaikki kustannukset diskontataan samaa korkokantaa käyttäen.

Melun ja pakokaasujen kustannukset lasketaan tiehankkeissa yksikköhintojen ja tiehankkeiden ympäristövaikutusten arvioinnin yhteydessä laskettujen melulle alttiina olevien ihmisten määrän ja pakokaasupäästömäärien avulla. Kustannuksia verrataan tilanteeseen, jossa hanketta ei toteuteta, mutta liikenne kasvaa ennusteen mukaisesti. Melun ja pakokaasujen kustannukset sisällytetään hyöty / kustannuslaskelmiin samoin periaattein kuin ajokustannukset. Hankkeen aiheuttamat ympäristökustannukset esitetään laskelmissa myös omana ryhmänään.

Melun ja pakokaasujen hinnoittelua testattiin kahdessa eri tiehankkeessa: Lappeenranta-Imatra-moottoritie ja valtatie 17 parantaminen välillä Kuopio-Riistavesi. Taulukoissa 6 ja 7 on hankkeiden taloudellisia tunnuslukuja tarkemmin. Laskelmat tehtiin edellä esitettyjen periaatteiden mukaisesti.

Valtatie 6 parantamisesta välillä Lappeenranta - Imatra on laadittu kolme eri vaihtoehtoa. Vaihtoehdot P ja JA kuvaavat uuden moottoritien rakentamista välillä Lappeenranta - Imatra ja vaihtoehto 0+ nykyisen tien parantamista lähinnä eritasoliittymiä rakentamalla. Vaihtoehdossa P moottoritie kulkisi Joutsenon taajaman lävitse ja vaihtoehdossa JA moottoritie kulkisi taajaman ulkopuolella. Liikennemäärä suunnittelualueella vuonna 2010 on 12000-18000 ajoneuvoa vuorokaudessa. Nykyistä valtatieta parannetaan tai uutta moottoritietä rakennetaan noin 48 kilometriä. Nopeusrajoitus moottoritievaihtoehdoissa on 120 km/h ja nykyisen tien parantamisvaihtoehdossa 100 km/h. Moottoritievaihtoehdoissa ympäristöstä aiheutuvat lisäkustannukset ovat 6 - 7 % kustannussäästöistä.

Taulukko 6. Valtatie 6 kehittäminen välillä Lappeenranta - Imatra. Investoinnit (Mmk), kustannussäästöt v. 2010 (Mmk/vuosi) ja hyöty/kustannus-suhde. (Säästöt plusmerkkisiä, lisäkustannukset miinusmerkkisiä).

Vaihtoehto	0+	P	JA
Investointi Mmk	254	945	863
Kustannus/säästö	Mmk/vuosi		
Aika	38,7	116,7	110,7
Ajoneuvo	15,8	-58,3	-56,9
Onnettomuus	3,8	38,7	36,8
Kunnossapito	-2,5	-8,9	-8,1
Säästöt yhteensä	55,8	88,2	82,5
Hyöty/Kustannussuhde	2,5	1,1	1,1
Melu	0	-1,1	-0,9
Pakokaasut	0,6	-4,5	-4,4
Säästöt yhteensä	56,4	82,6	77,2
Hyöty/Kustannussuhde	2,5	1,0	1,0

Valtateiden 5 ja 17 parantamissuunnitelma välillä Kuopio - Riistavesi sisältää myös kolme eri vaihtoehtoa. Uutta tietä rakennetaan vaihtoehtoissa C ja E noin 22 km. Vaihtoehdossa E rakennetaan uusi silta Kuopiossa Kallaveden yli ja osa tiestä on tunnelissa. Vaihtoehdossa AK parannettaisiin nykyistä valtatietä 25 km:n matkalla. Liikennemäärä suunnittelualueella on 6000 - 14000 ajoneuvoa vuorokaudessa ja nopeusrajoitus 80-100 km/h.

Taulukko 7: Valtateiden 5 ja 17 kehittäminen välillä Kuopio - Riistavesi. Investoinnit (Mmk), kustannussäästöt v. 2010 (Mmk/vuosi) ja hyöty/kustannus-suhde. (Säästöt plusmerkkisiä, lisäkustannukset miinusmerkkisiä).

Vaihtoehto	AK	C	E
Investointi Mmk	304,4	332,3	446,1
Kustannus/Säästö	Mmk/vuosi		
Aika	4,2	4,4	9,1
Ajoneuvo	0,8	3,1	13,0
Onnettomuus	0,9	-0,5	2,1
Kunnossapito	0,0	-0,4	-0,2
Säästöt yhteensä	5,9	6,6	24,0
Hyöty/Kustannussuhde	0,3	0,3	0,8
Melu	-0,1	0,4	0,4
Pakokaasut	-0,6	-0,3	1,0
Säästöt yhteensä	5,2	6,7	25,4
Hyöty/Kustannussuhde	0,3	0,3	0,9

Edellä tarkastelluissa kahdessa tiehankkeessa melun ja pakokaasujen kustannusten vaikutus hyöty / kustannussuhteeseen oli vähäinen. Merkitys voi olla suurempi esimerkiksi hankkeissa, joissa siirtyy merkittävästi liikennettä ohikulkutielle. Melun ja pakokaasujen kustannusten vaikutuksesta tiehankkeiden kannattavuuteen on tarpeen hankkia lisää kokemuksia erityylisiltä hankkeilta. Hinnoittelusta voidaan luopua, jos sen merkitys todetaan vähäiseksi. Hinnoittelua sovelletaan lähinnä kehittämishankkeiden esisuunnittelussa ja tienpidon ohjelmien vaikutuksia tarkasteltaessa.

5 YHTEENVETO JA TYÖRYHMÄN ESITYS

Hinnoittelutyöryhmä on tehtyjen selvitysten avulla arvioinut tieliikenteen melun ja pakokaasujen aiheuttamat kustannukset Suomessa vuonna 1989. Kustannukset arvoitiin eri haittojen aiheuttamien taloudellisten menetysten avulla lukuunottamatta ilmaston muutoksen kustannuksia, jotka arvioitiin päästöjen kasvun pysähdyttämiseksi tarvittavien taloudellisten ohjauskeinojen avulla. Kustannuksia arvioitaessa jouduttiin tekemään useita oletuksia ja yleistyksiä.

Tieliikenteen melun ja pakokaasujen aiheuttamien haittojen kustannukset vuonna 1989 olivat työryhmän arvion mukaan 4,5 miljardia markkaa, josta pakokaasujen osuus oli 2,9 miljardia markkaa ja melun 1,6 miljardia markkaa. Ilmaston muutoksesta aiheutuvien kustannusten osuus pakokaasujen kustannuksista oli 1,5 miljardia markkaa.

Hinnoittelutyöryhmä esittää, että tiehankkeiden suunnittelussa otetaan käyttöön seuraavat menettelytavat:

- melun ja pakokaasujen kustannukset otetaan huomioon yhteiskuntataloudellisissa arvioissa.
- ympäristövaikutusten arvioinnissa liikenteen aiheuttamaa melua ja pakokaasuja tarkastellaan kustannusten lisäksi myös määrinä ja näiden aiheuttamia haittoja myös laadullisena arviona.
- melun ja pakokaasujen haitat arvotetaan resurssien menetysten avulla paitsi ilmaston muutos. Ilmaston muutos arvotetaan hiilidioksidipäästöjen kasvun pysähdyttämiseksi tarvittavien maksujen avulla.
- resurssien menetystä käytetään pakokaasujen aiheuttamien sairauksien, likaantumisen, korroosion, metsävaurioiden ja sadon menetyksien sekä melun ja pakokaasujen viihtyvyshaittojen arvottamisessa.
- maksuhalukkuusmenettelyä tulisi käyttää melun ja pakokaasujen viihtyvyshaittojen arvottamisessa. Tietojen lisääntyessä arvottamista on tältä osin tarkennettava.
- päästöjen aiheuttamat kustannukset arvioidaan päästömäärien avulla. Päästöjen yksikköhinnat määritellään tieliikenteen pakokaasu- ja hiilidioksidipäästöjen vuonna 1989 aiheuttamien haittojen kokonaiskustannusten avulla. Yksikköhinnat määritetään typen

oksideille, hiilivedyille, hiukkasille ja hiilidioksidille. Yksikköhintoja määriteltäessä käytetään varmuuskerrointa 1,3 kaikille muille yhdisteille paitsi hiilidioksidille.

- melun kustannukset arvioidaan melun häiritseväksi kokevien asukkaiden avulla. Melualueilla asuvien määrä arvioidaan päiväajan (klo 7-22) ulkomelun ekvivalenttitasojen avulla. Melun häiritseväksi kokevien määrä arvioidaan seuraavin periaattein: melutasoilla 55-65 dB melusta häiriytyvien osuus on 33%; melutasoilla 65-70 dB melusta häiriytyvien osuus on 50% ja 70 dB melutasosta lähtien osuus on 100 %. Melun häiritsevänä kokevan henkilön yksikköhintana käytetään 5000 mk/altistunut/vuosi.
- melun ja pakokaasujen hinnoittelumenettelyä ja yksikköhintoja tarkistetaan määräjain.
- jatkotutkimuksissa selvitetään ihmisten kokeman häiriön määrää eri melu- ja pitoisuustasoilla. Yksikköhintojen tarkentamiseksi tarvitaan selvityksiä ihmisten maksuhalukkuudesta ympäristön laadun paranemisesta.

6 KIRJALLISUUSVIITTEET:

- /1/ Toisen parlamentaarisen liikennekomitean mietintö 1991:3.Liikenne 2000. Helsinki 1991 ISBN 951-47-3804-7.
- /2/ Tielaitos, tiehallitus, kehittämiskeskus, VTT Tie ja liikennelaboratorio. Pakokaasujen ja melun arvottaminen tiensuunnittelussa, Esiselvitys. Helsinki 1990
- /3/ OECD 1990. The social cost of land transport. Environment monographs N 32. Paris 1990
- /4/ Hansson, Leksell 1989. Vägtrafikens kostnadsansvar. Moniste
- /5/ Tielaitos, tiehallitus, kehittämiskeskus. Maksuhalukkuusmenettelyn soveltuvuus tieliikenteen vaikutusten arviointiin. Helsinki. (Tielaitoksen selvityksiä 43/1991). ISBN 951-47-4994-4, TIEL 3200039
- /6/ Tielaitos, tiehallitus, kehittämiskeskus. Tieliikenteen päästöjen haittojen kustannukset. Helsinki. (Tielaitoksen sisäisiä julkaisuja 311992).
- /7/ Tiehallitus, kehittämiskeskus: Tieliikenteen pakokaasupäästöt, Perustietoja ja laskentamenetelmät; Helsinki 1990 TIEL 703611
- /8/ Tiehallitus, kehittämiskeskus: Vähemmän melua, opas tiensuunnittelijoille; Helsinki 1991 TIEL 2150005
- /9/ Hjorthol R. et al. Virkninger av luftforurensning på folks dagligliv, helse og trivsel. Resultater fra en intervju-undersøkelse i Drammen. Transportekonomisk institutt. Oslo. ISBN 82-7133-559-6
- /10/ Wyller et al. Helseeffekter av veitrafikkstøy, Oslo 1990. Vegdirektoratet. Helsedirektoratet.
- /11/ Tielaitos, tiehallitus, kehittämiskeskus. Tieliikenteen melun ja pakokaasujen terveys- ja viihtyvyyshaittojen arviointi Helsinki. (Tielaitoksen sisäisiä julkaisuja, ilmestyy keväällä 1992)
- /12/ Liikenneministeriö 1988. Tieliikenteen ympäristöhaittojen arviointi rahassa. (Liikenneministeriön julkaisuja 29/88) Helsinki 1988. ISSN 0783-2680.
- /13/ Komiteamietintö 1991:21. Hiilidioksiditoimikunnan mietintö 1991. Helsinki 1991. 111 s. ISBN 951-47-3825-X
- /14/ Tielaitos, tiehallitus, kehittämiskeskus. Yleisten teiden liikennemelu. Helsinki (Tielaitoksen selvityksiä, ilmestyy keväällä 1992)

EKONO YMPÄRISTÖTEKNIikka

Tieliikenteen päästöjen haittojen kustannukset

1 JOHDANTO

Tämä raportti on lyhennelmä Ekono Ympäristötekniikan tekemästä selvityksestä "Tieliikenteen päästöjen haittojen kustannukset" (TIEL 40000007). Tavoitteena on antaa Tiehallitukselle mahdollisuus ottaa tiehankkeiden suunnittelussa mukaan epäpuhtauspäästöjen aiheuttamat haitat markkamääräisinä muiden hankkeisiin vaikuttavien tekijöiden tapaan. Näin ollen on kartoitettu mahdollisuuksia käyttää päästöistä syntyvien haittojen taloudellista arvoa päästöjen yksikköhintojen perustana.

Raportissa on käyty läpi tieliikenteen päästöt, tieliikenteen osuus metsä- ja viljelymaille tulevasta laskeumasta ja taajamien epäpuhtauspitoisuuksista Suomessa. Kaikki tärkeimmät liikenteen ilmaan päästämät epäpuhtaudet, typen oksidit, hiilivedyt, rikkidioksidi, hiukkaset, häkä, lyijy ja hiilidioksidi on otettu huomioon. Lisäksi on otettu mukaan ilmakehässä muodostunut otsoni. Tieliikenteen päästöjen vaikutuksista on arvioitu korroosion, likaantumisen, terveysvaikutusten, metsävaurioiden ja sadonmenetyksen aiheuttamaa haittaa.

Arvottamiseen on käytetty epäsuoraa arvottamismenetelmää, jossa etsitään annos-vaikutus yhteyttä epäpuhtauden ja sen aiheuttaman vaikutuksen välille. Taloudellinen arvo vaikutuksille lasketaan uusimis-, korvaus-, kompensatio- ja vaihtoehtoisten kustannusten avulla.

2 TIELIIKENTEEEN PÄÄSTÖT

Tässä luvussa on esitetty kustannusten laskemiseen tarvittavat tiedot tieliikenteen päästöistä ja tieliikenteen osuudesta laskeumaan ja taajamien epäpuh-
tauspitoisuuksiin.

Suomen tieliikenteen liikennesuorite oli vuonna 1989 noin 38,7 miljardia kilometriä. Taulukossa 1 on esitetty liikennesuoritteet ja ajoneuvojen määrä vuonna 1989.

Taulukko 2.1: Liikennesuoritteet ja ajoneuvojen määrä vuonna 1989, miljoonaa ajokilometriä /17/.

Ajoneuvo	Yleiset tiet	Kadut milj. ajokm	Yhteensä	Määrä kpl
Henkilöautot	22 640	10 040	32 680	1 940 000
Pakettiautot	1 870	810	2 680	180 000
Linja-autot	470	200	670	9 000
Kuorma-autot	2 170	510	2 680	53 000
Yhteensä	27 150	11 560	38 710	2 182 000

Taulukossa 2.2 on esitetty tieliikenteen osuus Suomen kokonaispäästöistä vuosina 1987 ja 1989. Tiedot on kerätty eri lähteistä.

Taulukko 2.2: Tieliikenteen osuus Suomen kokonaispäästöistä päästölajeittain vuosina 1987 ja 1989 (Pönkä /15/, s. 652, 659, Ympäristöministeriö /11/, ss. 91-92, Parlamentaarinen liikennekomitea /20/, s. 85).

Päästö- laji	1987 Osuus	Määrä	1989 Osuus	Määrä
SO ₂	2 %	6000 t	2 %	5400 t
NO _x	51 %	112000 t	55 %	123000 t
CO	69 %	285000 t	n. 90 %	308000 t
CO ₂	* 14 %	9800000 t	> 10 %	10000000 t
HC	20 %	38000 t	n. 20 %	40700 t
Hiukkaset	** 10 %	11000 t	n. 10 %	11600 t
Pb	70 %	320 t	..	300 t

.. : Tieto puuttuu

* : Parlamentaarisen liikennekomitean mietintö /20/, s. 85

** : Päällysteiden kulumisesta ja sorateistä aiheutuva liikenteen hiukkaspäästö on arvioitu olevan noin 260 000 tonnia vuodessa

Taulukossa 2.3 on esitetty tieliikenteen pakokaasupäästöt kaduilla ja yleisillä teillä vuonna 1989. Luvut on laskettu VTT:n Tie- ja liikennelaboratorion kehittämällä LIISA II -tietojärjestelmällä /22/.

Taulukko 2.3: Tieliikenteen pakokaasupäästöt kaduilla ja yleisillä teillä tonnia/vuosi vuonna 1989 /22/.

	SO _x	NO _x	CO	HC	Pb Hiukkaset	
Kadut	906	22454	183547	21157	86	1947
Yleiset tiet	3506	94512	121070	18730	224	8338
Yhteensä	4411	116966	304617	39888	310	10285

Taulukko 2.4: Tieliikenteen päästöjen jakautuminen eri ajoneuvotyyppien välillä 1987, % /20/.

Ajoneuvotyyppi	SO _x	NO _x	CO	HC	CO ₂	Pb Hiukkaset	
Henkilöautot	49	48	89	73	56	97	43
Pakettiautot	8	3	4	7	9	3	10
Linja-autot	7	11	1	5	8	0	12
Kuorma-autot	36	38	6	15	27	0	35
Tieliikenne	2	49	92	16	14	80	10

Laskeuma

Raportissa esitetyissä laskelmissa on käytetty taulukon 2.5 mukaisia päästöjen laskeuma-arvojen kotimaisuusasteita (SO₂ ja NO_x /7/). Rikki- ja typpilaskeuman lisäksi tässä otetaan laskeumaan mukaan kaikki tieliikenteen aiheuttamat epäpuhtaudet. Kotimaisten lähteiden osuus alailmakehän otsoninmuodostuksesta on Ruotsissa arvioitu olevan noin 20 %, /3/ ja /16/. Hiukkasten ja hiilivetyjen oletetaan olevan kokonaan kotimaisista lähteistä. Taulukossa on esitetty myös tieliikenteen aiheuttamat osuudet kokonaispäästöistä komponentteittain ja päästöosuuksien perusteella laskettu liikenteen osuus laskeumasta. Viimeisen sarakkeen tietoja on käytetty laskettaessa tieliikenteen aiheuttamien metsävaurioiden ja sadonmenetysten arvoa.

Taulukko 2.5: Kotimaisten päästöjen osuus laskeumasta, liikenteen osuus kokonaispäästömääristä ja liikenteen osuus laskeumasta. (/7/, Ekonon arvio).

Komponentti	Suomen lähteistä %	Liik. osuus päästöistä %	Liik. osuus laskeumasta %
SO ₂	25	2	0,5
NO _x	20	55	11
Hiukkaset	100	10	10
HC	100	20	20
CO	90	90	81
Pb	100	55	55
O ₃	* 20	* 50	* 10

* : Kyseessä ei ole päästökomponentti, eikä arvoa absoluuttisille määriille näin ollen voida antaa. Luvut kohdissa "Suomen lähteistä" ja "Liikenteen osuus" on arvio osuudesta otsonin muodostumisessa. Otsonin muodostumisessa etenkin typen oksidit ja hiilivedyt ovat tärkeässä asemassa

Pitoisuus

Terveyshaittojen kustannuksia laskettaessa on oletettu, että haittoja esiintyy vain taajamissa. Lisäksi on käytetty oletusta, että ilmanlaatu kaikissa Suomen taajamissa on vertailtavissa pääkaupunkiseudulla (Tapiola, Tikkurila) keskimäärin vallitseviin olosuhteisiin. Liikenteen osuudet eri päästökomponenttien kokonaispitoisuuksista (vuosikeskiarvot) on esitetty alla olevassa taulukossa.

Taulukko 2.6: Pääkaupunkiseudulla mitattujen pitoisuuksien vuosikeskiarvoja sekä arvio liikenteen osuudelle pitoisuuksista /1/, /6/, /9/, /10/, /15/.

Komponentti	Kokonais- pitoisuus µg/m ³	Liik. osuus %	Liik. osuus µg/m ³
SO ₂	10 - 20	5	0,5 - 1
NO _x	30 - 60	60	18 - 36
Hiukkaset	30 - 50	5 * 75	1,5 - 2,5 * 23 - 38
HC	1000 - 2000	90	900 - 1800
CO	200 - 400	90	180 - 360
Pb 0,1	100	0,1	
O ₃ 40 - 50	** 0	** 0	

* : Ajoneuvojen kulumisesta (jarrut, renkaat) ja tien kulumisesta peräisin olevat hiukkaset sekä liikenteen nostattama pöly

** : Kaupunkialueilla ei ole havaittu otsonin nettotuotantoa, vaan liikenteen päästöt toimivat pikemminkin niin sanottuna otsoninieluna.

Myöhemmin suoritettavissa laskelmissa tullaan myös tarvitsemaan tietoa siitä, kuinka suuri osa Suomen väestöstä asuu taajamissa. Suomen kaupunkitaajamissa oli vuonna 1985 (17.11) 2 703 526 asukasta ja muilla taajama-alueilla asui 1 039 751 ihmistä (viimeisin tällä tarkkuudella tehty väestönlaskenta on vuodelta 1985). Suomen kokonaisväestö samaan aikaan oli 4 910 619 henkilöä /19/. Taajama-alueilla asui täten noin 76 % väestöstä vuonna 1985. Taajama määriteltiin tällöin alueeksi, jossa asuu vähintään 200 ihmistä ja, jossa asuinrakennuksen etäisyys toiseen rakennukseen on korkeintaan 200 metriä. Olettaen, että taajamissa asuu edelleen 76 % väestöstä ja, että Suomen väkiluku on 5 miljoonaa, taajamissa asuu 3 800 000 ihmistä.

3 LASKENTAPERUSTEET

3.1 Korroosio

Rakennusmateriaalit

Kiinteistömateriaali- ja -tehtävien arviointiin on käytetty Suur-Tukholman alueella tehtyjä arvioita materiaalmäärästä /21/. Materiaalien määrä Suomessa arvioitiin väestömäärien suhteen perusteella. Ruotsalaisten raportissa esitettyjä materiaalien huoltovälejä käytetään laskettaessa kuinka paljon Suomen taajamissa on vuosittain maalattava eri materiaaleja. Saatiin 4,3 milj. m² puuikkunaa, 4,4 milj. m² puujulkisivua, noin 3,5 milj. m² sinkittyä teräskattoa ja noin 1,7 milj. m² roiskerappausta. Laskuissa ei huomioitu uusimiskustannuksia eikä uusien materiaalien parempaa kestävyyttä.

Taulukko 3.1: Maalaus- ja korjauskustannuksia eräille materiaaleille (hintatiedot maalaus- ja korjausliiketoiminnasta /12/) ja vuosittain korjaamista tarvitsevien materiaalien määrä Suomen taajamissa.

Pinta	mk/m ²	milj. m ²	milj. mk
Sinkitty katto	31,5	3,5	110,250
Rapattu julkisivu	54	1,7	110,500
Puujulkisivu	55	4,4	290,400
Puuikkunat	69	4,3	296,700
Yhteensä		13,9	807,850

Ilmansaasteiden aiheuttamat kustannukset

Kiinteistörakennukset

- sinkityt pinnat ja maalattu galvanoitu teräs, oletetaan, että ilmansaasteet aiheuttavat 40 % vahingoista: SO₂ 95 % eli 41,9 milj. mk ja NO_x 5% eli 2,2 milj. mk
- rapatut pinnat, ilmansaasteet aiheuttavat 40 % vahingoista, tästä SO₂ 80 % eli 35,4 milj. mk ja NO_x 20 % eli 8,8 milj. mk
- maalatut puupinnat, ilmansaasteet aiheuttavat 40 % vahingoista, tästä SO₂ 90 % ja NO_x 10%: Puujulkisivu: SO₂ 104,5 milj. mk, NO_x 11,6 milj. mk
Puuikkunat: SO₂ 106,8 milj. mk NO_x 11,9 milj. mk

Muut rakenteet

- muu sinkki, jota on 7,9 milj. m². Käytetään annos-vaikutus yhtälöä

$$K = 0,22 \cdot SO_2 + 6,05$$
 /8/. 30 mk/m² 1982 on noin 35 mk/m² 1989. Kustannukset lasketaan kaavasta $(7,9 \text{ milj. m}^2 \cdot 35 \text{ mk/m}^2) / (6 \cdot t)$, jossa $t = 71 / (0,22 \cdot SO_2 + 6,05)$. SO₂ pitoisuuksilla 15 µg/m³ kustannukset ovat 6,1 milj. mk. Tämä on 95 % ilmansaasteiden aiheuttamista kustannuksista, NO_x päästöt aiheuttavat loput 5 %, eli 0,32 milj. mk.

Pohjaveden happamoituminen

- happaman pohjaveden aiheuttamat kustannukset
- Ruotsissa vuonna 1985 tehdyssä tutkimuksessa on arvioitu, että happamoitumisen osuus on 15 % happaman pohjaveden vesihuollolle aiheuttamista vahingoista
- vakuutusyhtiöt korvasivat Suomessa vuonna 1987 vesivahinkoja 230 milj. mk, joten korroosion aiheuttamat vahingot olisivat 34,5 milj. mk
- 50 % maaperän happamoitumisesta johtuu ilmansaasteista: 95 % SO₂:sta ja 5 % NO_x:sta
- 50 % korroosiosta johtuu maaperän happamoitumisesta
- tällöin SO₂:n aiheuttamat vahingot olisivat 8,2 milj. mk ja NO_x:n aiheuttamat vahingot 0,43 milj. mk

Rikkidioksidin ja typen oksidien aiheuttamat korroosiohaitat taajamissa vuonna 1989 olivat 340 milj. mk. Tieliikenteen osuus kustannuksista on arvioitu päästöjen aiheuttamien pitoisuuksien avulla:

Taulukko 3.2: Rikkidioksidin ja typen oksidien aiheuttamat korroosiohaitat taajamissa ja arvio tieliikenteen osuudelle haitoista, milj. mk.

Pinta	SO ₂	NO _x
Sinkitty katto	41,9	2,2
Rapattu julkisivu	35,4	8,8
Puujulkisivu	104,5	11,6
Puuikkunat	106,8	11,9
Muu sinkki	6,1	0,32
Vesivahingot	8,2	0,43
Yhteensä, mmk	303	35
Liik. osuus pitoisuuksista	5 %	60 %
Liik. haitta, mk	15	21

Korroosiohaittojen aiheuttajia : SO₂ noin 90 %, NO_x noin 10 %
Tieliikenteen aiheuttamat korroosiohaitat ovat yhteensä 36 milj. mk.

3.2 Likaantuminen

Yhdysvalloissa 70-luvulla tehtyjen arvioiden perusteella on saatu riippuvuus likaantumiskustannusten (y , mk/asukas) ja hiukkaspitoisuuksien (x , $\mu\text{g}/\text{m}^3$) välille. Kustannusten on oletettu kasvavan lineaarisesti hiukkaspitoisuuksien mukaan.

$$y = [x/12 \mu\text{g}/\text{m}^3] \cdot 84,1 \text{ mk/asukas}$$

Suomen taajamissa hiukkaspitoisuuden vuosikeskiarvot ovat 30 - 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Pitoisuudella 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ saadaan hiukkasten aiheuttaman likaantumisen haittakustannukseksi 280 mk asukasta kohti. Tällä perusteella on arvioitu, että likaantumisen aiheuttama haittakustannus vuodessa on 200 mk henkilöä kohti Suomessa.

Suomen kaupungeissa asui 1989 noin 2,75 milj. asukasta (likaantumista oletetaan tapahtuvan lähinnä kaupungeissa). Likaantumisen aiheuttamat vuosittaiset kustannukset ovat 2,75 milj. \cdot 200 mk = 550 milj. mk.

Tieliikenteen osuus taajamien hiukkaspitoisuuksista on noin 75 %. Arvioidaan, että likaantuminen johtuu kokonaan hiukkasista, jolloin tieliikenteen osuus kokonaiskustannuksista on 75 %. Pakokaasupäästöjen lisäksi arviossa on mukana liikenteen nostattama pöly.

Taulukko 3.4: Arvio tieliikenteen aiheuttaman likaantumisen kustannuksista 1989.

	SO ₂	NO _x	O ₃	HC	Hiukkaset
Haitta					551
Liik. osuus pitoisuuksista	5 %	60 %	-	90 %	* 75 %
Liik. haitta					413

Likaantumishaittojen aiheuttajia : hiukkaset \approx 100 %, SO₂ \approx 0 %

Tieliikenteen aiheuttamat haittakustannukset ovat yhteensä 410 milj. mk.

3.3 Terveyskustannukset

3.3.1 Syöpä

Syöpätapausten määrä

Ruotsissa on 28 000 uutta syöpätapausta vuodessa, joista 300 - 2 000 tapauksen arvioidaan johtuvan ilmansaasteista. Todennäköisin arvo on 780.

Hiilivety päästöt Ruotsissa ovat 460 000 t/a (1988), joista tieliikenteen osuus on 43 %. Runsas kolmannes ilmansaasteiden aiheuttamista syöpätapauksista johtuu hiilivety päästöistä, kolmasosa 780:stä on 260, 40 % on 312 /2/ Eri epäpuhtauskomponenttien kautta suoritetusta laskusta saatiin tieliikenteen osuudeksi 360 tapausta 780:stä eli 46 %.

Väestömäärien suhteiden perusteella ilmansaasteista johtuvia syöpätapauksia voisi Suomessa olla vuosittain 150 - 1 000, todennäköinen arvo olisi 400 tapausta vuodessa.

Hiilivety päästöjä on 121 600 - 228 600 tonnia vuodessa, joista liikenteen osuus on 40 700 eli noin 20 %. Oletetaan, että ilmansaasteista johtuvien syöpätapausten määrä Suomen taajamissa saadaan Ruotsin vastaavista kertomalla hiilivety päästöjen suhteella. Saadaan $(200\,000 / 460\,000) \cdot 780$ eli noin 340. Tieliikenteen osuus hiilipäästöistä on noin 20 % (Ruotsissa 43 %, oletus tieliikenteen osuus karsinogeenisista yhdisteistä on Suomessa noin puolet Ruotsin vastaavista arvoista. Ruotsissa tieliikenteen osuudeksi syöpätapauksista saatiin 46 % eli Suomessa tieliikenteen osuus tämän suhteen perusteella olisi 23 %). Saadaan arvo 80 tieliikenteen aiheuttamaa syöpätapausta Suomen taajamissa vuosittain.

Sairaalahoitokustannukset

- 1987 uusia syöpätapauksia 17 000, sairaalahoitokustannukset olivat yhteensä 218 milj. mk vuonna 1989
- oletetaan, että kaikki tieliikenteen aiheuttamat syövät keuhkosityöpää
- 1987 keuhkosityöpätapauksia 2 139 eli 12,6 % kaikista syöpätapauksista, sairaalahoitokustannukset olivat noin 12 % eli 26 milj. mk
- keskimääräinen sairastamisaika on 3,1 vuotta
- kolmen vuoden aikana ilmenneet syöpätapaukset $3 \cdot 2\,100 = 6\,300$
- yhden keuhkosityöpätapauksen hoitokustannukset vuodessa 26 milj. mk /6 300 = 4 100 mk/tapaus
- Tieliikenteen aiheuttamien tapausten (80 kpl) kokonaishoitokustannukset $3,1 \cdot 4\,100 \cdot 80 = \underline{1,0 \text{ milj. mk}}$

Lääkkeet

- Erytiskorvattavien lääkkeiden keskimääräiset kustannukset olivat vuonna 1989 7 600 mk oikeutettua kohti pahanlaatuisten kasvaimien osalta
- Tieliikenteen aiheuttamien syöpien osalta $80 \cdot 3,1 \cdot 7\,600 \text{ mk} = 1,9 \text{ milj. mk}$
- Arvioidaan, että sairaalahoitolääkityksen ulkopuolelle jää 1,5 milj. mk ja osittain korvattavat lääkkeet mukaanlukien luku nousee noin 2 milj. mk:aan

Sairauspäivärahat

- ryhmälle "pahanlaatuiset kasvaimet" maksettiin 88,6 milj. mk, alkaneita kausia oli 4680, josta 80 on 1,7 %, eli tieliikenteen takia sairastuneille 80:lle keuhkosyöpäpotilaalle maksettiin 1,5 milj. mk.
2,1 vuoden aikana summa on 3,2 milj. mk.

Työkyvyttömyyseläke

- oletetaan, että keuhkosyöpään sairastuneet saavat eläkettä yhden vuoden ajan
- keskimääräinen eläke 3700 mk/kk
- eläkekustannukset $80 \cdot 12 \cdot 3700 \text{ mk/kk} = \underline{3,6 \text{ milj. mk}}$

Tuotantomenetykset

- 80:stä syöpäpotilaasta 24 sairastuu työikäisinä (todennäköisyys)
- sairausajan palkkakustannukset ovat keskimäärin 6 800 mk vuodessa henkilöä kohti (raportin taulukko 8.12 920 milj. mk / 136 000 henkilöä), arvioidaan 15 000 mk keuhkosyöpätapauksien osalta (kerroin 2,25), poissaolosta aiheutuvat kustannukset ovat noin kolminkertaiset palkkamenoon verrattuna eli $3 \cdot 24 \cdot 15\,000 \text{ mk} = 1,1 \text{ milj. mk}$ eli 3,4 milj. mk 3,1 vuodessa

Taulukko 3.5: Arvio tieliikenteen pakokaasupäästöjen taajamissa aiheuttamien syöpätapausten kustannuksista vuonna 1989, milj. mk

	SO ₂	NO _x	Pb	HC	Hiukkaset
Haitta *		2,2		7,3	7,0
Liik. osuus	5 %	60 %	100 %	90 %	75 %
Liik. haitta		1,32		6,6	5,3

* : Muista vastaavista taulukoista poiketen, ilmansaasteiden aiheuttama haitta (ensimmäinen rivi) on laskettu tieliikenteen aiheuttamien haittakustannusten perusteella. Muissa taulukoissa on lähtötietona ollut ilmansaasteiden osuus haitoista, jonka perusteella on arvioitu tieliikenteen päästöjen osuus kustannuksista.

Terveyshaitan (syövän) aiheuttajia : NO_x 10 %, HC 50 %, hiukkaset 40 %
Tieliikenteen aiheuttamat kustannukset ovat 13 milj. mk.

3.3.2 Hengitystie- ja hengityselinsairaudet

Keuhko- ja hengitystiesairaudet

- Oletettu, että ilmansaasteet aiheuttavat neljäsosan sairastumisista Vuodeosastohoidossa uusia potilaita noin 8800 vuodessa, joista ilmansaasteiden aiheuttamien tapauksen määrä 2200.
Avohoidossa uusia potilaita noin 19 000 vuodessa, joista ilmansaasteiden aiheuttama neljäsosa 4800.
- Arviossa on käytetty keskimääräistä sairastamisaikaa, joka arvioitiin neljäksi vuodeksi.

Sairaala- ja avohoitokustannukset

- Keskimääräiset hoitokustannukset vuodeosastopotilasta kohti ovat 11 000 mk, neljän vuoden aikana 2 200 tapauksen hoitaminen maksaa $4 \cdot 11\,000 \cdot 2\,200 = 98$ milj. mk
- Keskimääräiset hoitokustannukset avohoitopotilasta kohti ovat 1 000 mk, neljän vuoden aikana 4 800 tapauksen hoitaminen maksaa $4 \cdot 1\,000 \cdot 4\,800 = 20$ milj. mk
- Ilmansaasteiden aiheuttamien keuhkosairauksien sairaala- ja avohoito kustannukset ovat noin 120 milj. mk vuodessa

Lääkkeet

- Erityiskorvattavien lääkkeiden kokonaiskustannukset keuhkosairauksien osalta olivat sairaustapausta kohden keskimäärin 1 748 mk vuodessa (1989), joista vähennetään avohoidossa ja vuodeosastohoidossa olevien lääkekustannukset, saadaan 1 265 mk.
- Neljän vuoden lääkekustannukset ovat $4 \cdot (2\,200 + 4\,800) \cdot 1\,265$ mk = 35 milj. mk
- Osittainkorvattavat lääkkeet mukaan lukien luku on noin 40 milj. mk

Sairauspäivärahat

- ryhmälle "Hengityselinten taudit" maksettiin 93,4 milj. mk sairauspäivärahoja, alkaneita kausia oli 31 720, joista 24 400 eri henkilöä. Oletetaan, että sairauspäivärahat jakautuvat tasaisesti, jolloin jokaiselle henkilölle maksetaan 3 800 mk vuodessa
- 2 200:lle vuodeosastopotilaalle maksettiin 3 vuoden aikana $2\,200 \cdot 3\,800$ mk $\cdot 3 = 25$ milj. mk
- oletetaan, että avohoitopotilaat voivat käydä töissä

Työkyvyttömyyseläke

- Oletetaan, että keuhkotauteihin sairastuneet saavat eläkettä yhden vuoden ajan. Eläkekustannukset ovat $2\,200 \cdot 3\,700$ mk $\cdot 12 = 99$ milj. mk.
- oletettu, ettei avohoitopotilaiden sairaus ole niin vakava, että he joutuisivat työkyvyttömyyseläkkeelle

Tuotantomenetykset

- oletetaan, että avohoitopotilaat voivat käydä töissä ja tuotantomenetyksiä aiheutuu vain sairaalahoidossa olevista potilaista
- arvioidaan, että todennäköisyys sairastumiselle on koko ihmisen eliniän sama, eli todennäköisyys sairastumiselle työikäisenä (16 - 62) on 0,5. Tämän perusteella 2 200:sta potilaasta 1 100 sairastuu työikäisinä
- sairausajan palkkakustannukset ovat keskimäärin 6800 mk vuodessa henkilöä kohti (raportin taulukko 8.12 920 milj. mk / 136 000 henkilöä), arvioidaan 15 000 mk keuhkosairauksien osalta (kerroin 2,25), poissaolosta aiheutuvat kustannukset ovat noin kolminkertaiset palkkamenoon verrattuna eli $3 \cdot 1\,100 \cdot 15\,000 \text{ mk} = 50 \text{ milj. mk}$ eli 198 milj. mk 4:ssä vuodessa

Hengitystieinfektiot

- hengitystieinfektiot aiheuttavat noin 1,1 %:n poissaolot työajasta
- Töistäpoissaolon kustannukset ovat noin 8 900 mk/henkilö, eli hengitystieinfektioista johtuva kustannus on 98 mk/henkilö
- oletetaan, että hengitystieinfektioista johtuva poissaolo yhtä yleistä kaikissa taajamissa
- 76 % väestöstä asuu taajamissa (oletetaan sama osuus työssäkäyvistä), 1990 työssäkäyviä oli 2 448 800 henkilöä
- $(0,76 \cdot 2\,448\,800) \cdot 98 \text{ mk} = 182 \text{ milj. mk}$
- Oletetaan, että ilmansaasteiden merkitys hengitystieinfektioiden aiheuttajana on 40 % eli kustannus on 73 milj. mk

Yhteensä

- Ilmansaasteiden aiheuttamien hengitystie- ja hengityselinsairauksien kustannukset yhteensä 555 milj. mk
- Terveyshaitan (hengitystie- ja hengityselinten) aiheuttajat SO₂ 35 %, NO_x 20 %, O₃ 5 %, HC 5 %, Hiukkaset 35 %
- Tieliikenteen osuus haitoista on arvioitu päästöjen aiheuttaman pitoisuuden perusteella (taulukko 2.6).

Taulukko 3.6: Arvio tieliikenteen pakokaasupäästöjen aiheuttamien hengitystiesairauksien kustannuksista taajamissa vuonna 1989, milj. mk.

	SO ₂	NO _x	O ₃	HC	Hiukkaset
Ilmansaast. aih. haittakust.	190	110	28	28	190
Liik. osuus pit.	5 %	60 %	0 %	90 %	75 %
Liik. haitta	9,7	67	0	25	150

Ilmansaasteiden osuudet terveyshaitoista (hengitystie- ja hengityselin) SO₂ 35 %, NO_x 20 %, O₃ 5 %, HC 5 %, Hiukkaset 35 %
Tieliikenteen aiheuttamat haittakustannukset yhteensä 250 milj. mk.

3.4 Metsävauriot

Ruotsalaisessa raportissa /3/ arvioidaan, että neulas- ja lehtivaurioista 20 % johtuu SO₂:sta, 30 % NO_x:sta, 30 % O₃:sta, 5 % hiilivedyistä ja 10 % hiukkasta. Puuston vaurioista 50 % arvioidaan johtuvan neulas- ja lehtivaurioista ja 50 % maan happamoitumisesta. Maan happamoitumisesta 50 % johtuu ilmansaasteista ja siitä 95 % oletetaan johtuvan SO₂:sta ja 5 % NO_x:sta. Laskelmissa on käytetty eri epäpuhtauskomponenttien osuutena metsävaurioista taulukon 3.7 lukuja.

Taulukko 3.7: Epäpuhtauskomponenttien osuus metsävaurioista

Komponentti	a = vakio	Normitus	Likiarvo
SO ₂	10 a + (95 a) ^{1/4} = 33,75 a	46,6 %	50 %
NO _x	15 a + (5 a) ^{1/4} = 16,25 a	22,4 %	20 %
O ₃	15 a	20,7 %	20 %
HC	2,5 a	3,4 %	3 %
Hiukkaset	5 a	6,9 %	7 %

IIASA:n vuonna 1990 julkaistussa raportissa esitettiin ilmansaasteista johtuvien metsävaurioiden taloudelliseksi arvoksi Suomessa 552,6 milj. USD vuodessa (1987). Arviossa on otettu huomioon raaka-puun arvo ja primääriteollisuuden tuoma jalostusarvo. Nämä kustannukset on laskettu aiheutuvan SO₂- ja NO_x-päästöistä.

Jos oletetaan, että SO₂- ja NO_x-päästöt aiheuttavat yhteensä 70 % metsävaurioista Suomessa ja että tämä osuus IIASA:n raportin mukaisesti on 552,6 milj USD, ovat kokonaisvauriot noin 789,4 milj. USD, mikä on noin 3840 milj. mk (1989). Nämä kustannukset voidaan jakaa eri ilmansaasteille.

Suomen tieliikenteen päästöjen osuutena metsävaurioista on käytetty taulukon 2.5 arvioita.

Taulukko 3.8: Arvio tieliikenteen pakokaasupäästöjen aiheuttamien metsävaurioiden kustannuksista vuonna 1989, milj. mk.

	SO ₂	NO _x	O ₃	HC	Hiukkaset
Haitta	1921	768	768	115	269
Liik. osuus	0,5 %	11 %	10 %	20 %	10 %
Liik. haitta	9,6	84,5	76,8	23,0	26,9

Metsävaurioiden aiheuttajia : SO₂ 50 %, NO_x 20 %, O₃ 20 %, HC 3 %, hiukkaset 7 %

Tieliikenteen aiheuttamat haittakustannukset yhteensä 220 milj. mk.

3.5 Viljelykasvien sadonmenetykset

Peltokasvien vuoden 1989 sadon arvo on esitetty lajeittain taulukossa 2.9 /13/. Saponmenetysten laskemiseen on käytetty Ruotsissa arvioituja lukuja otsonin aiheuttamista sadonmenetyksistä eri lajeille /4/.

Taulukko 3.9: Viljelykasvien sato, tuottajahinta sekä arvio otsonin vaikutuksesta aiheutuvista menetyksistä vuonna 1989

Laji	Sadon arvo milj. mk	Menet. %	Menetys milj. mk
Syysvehnä	238,258	5,6	14
Kevätvehnä	1307,039	11	162
Syysruis	593,530	13	89
Ohra	2692,024	2,5	69
Kaura	2495,666	11	308
Heinä	2161,723	14	352
Peruna	1093,629	19	257
Yhteensä	10581,869	10,6	1250

Laskelmissa on oletettu, että otsoni on vastuussa 50 %:sta siitä sadon kokonaisvähenemästä, jonka ilmansaasteet aiheuttavat. Ilmansaasteiden aikaansaamat kokonaishäviöt ovat 2 500 milj. mk (vuonna 1989).

Laskelmissa on arvioitu eri päästölajien aiheuttavan haittaa seuraavasti: SO₂ 20 %, NO_x 20 %, O₃ 50 %, HC 5 %, hiukkaset 5 %. Suomen tieliikenteen päästöjen vaikutuksista on käytetty taulukon 2.5 mukaisia arvioita.

Taulukko 3.10: Arvio tieliikenteen pakokaasupäästöjen viljelykasveille aiheuttamien vahinkojen kustannuksista vuonna 1989, milj. mk.

	SO ₂	NO _x	O ₃	HC	Hiukkaset
Haitta	500	500	1250	125	125
Liik. osuus	0,5 %	11 %	10 %	20 %	10 %
Liik. haitta	2,5	55	125	25	12,5

Ilmansaasteiden aiheuttamien sadonmenetysten jakautuminen: SO₂ 20 %, NO_x 20 %, O₃ 50 %, HC 5 %, hiukkaset 5 %

Tieliikenteen aiheuttamat haittakustannukset yhteensä 220 milj. mk.

4 YHTEENVETO

Seuraavassa taulukossa on esitetty yhteenveto tässä selvityksessä lasketuista kustannuksista, joita Suomen tieliikenteen päästöt aiheuttavat Suomessa (mk, 1989).

Selvityksessä on tarkasteltu vuoden 1989 pakokaasupäästöjen aiheuttamien haittojen suuruutta. Arvot ovat vuoden 1989 markkoja. Taulukossa on esitetty päästökomponentin aiheuttama kokonaishaitta kunkin vaikutuksen osalta, milj. mk.

Arvo 0 merkitsee, että kyseisen komponentin voidaan olettaa aiheuttavan haittaa, mutta että haitta ilmaistuna markoissa on hyvin pieni.

Taulukko 4.1: Tieliikenteen pakokaasupäästöjen aiheuttamien haittojen kustannukset Suomessa, milj. mk (1989).

Päästölaji :	CO ₂	SO ₂	CO	NO _x	Pb	HC	O ₃	Hiukk.	Summa
Materiaalihaitat yhteensä	0	15		21		0	0	410	450
- korroosio	0	15		21		0	0	0	36
- likaantuminen		0						410	410
Salaudet yhteensä	0	9,7	0	68	0	32	0	160	260
- syöpä (keuhkosyöpä)		0		1,3	0	6,6		5,3	13
- hengitystie ja hengityselin		9,7		67	0	25	0	150	250
- sydän- ja verisuonitaudit			0						0
Metsävauriot		9,6		85		23	77	27	220
Sadon menetykset		2,5		55	0	25	130	13	220
Yhteensä	0	37	0	230	0	80	210	610	1150

Läpikäyty kirjallisuus antoi yllättävän paljon tietoa, jonka perusteella saatettiin arvioida tieliikenteen päästöjen haittojen kustannuksia. Kustannustietojen laskemisessa on kuitenkin jouduttu tekemään lukuisa joukko epävarmoja olettamuksia. Arvottamisessa käytettiin epäsuoraa arvottamismenetelmää, jossa lasketaan korvauskustannuksia, kompensointikustannuksia ja vaihtoehtoisia kustannuksia. Tulosten luotettavuus riippuu siitä, miten tarkasti on pystytty määrittämään annos-vaikutus yhteys, ilmanlaatu ja ympäristön kynnysarvo vahingoittumiselle.

Kokonaishaitaksi saatiin noin 1,2 mrd markkaa vuodessa, josta 710 milj. markkaa on paikallisia haittoja ja 440 milj. markkaa valtakunnallisia haittoja. Vertailun vuoksi voidaan mainita, että Ruotsissa vastaavalla menetelmällä vuonna 1985 laskettu arvio pakokaasupäästöjen aiheuttamille paikallisille haittoille on 520 - 1820 milj. SEK vuodessa (vuoden 1982 rahassa). Taajama- ja valtakunnallisten haittojen välinen suhde vaikuttaa oikean suuntaiselta. Sen sijaan hiukkasten suuri osuus, yli puolet kaikista haitoista, vaikuttaa ylisuurelta. Myös otsonille tulee yllättävän suuri osuus haitoista. Globaalisia haittoja ei pystytty arvottamaan, koska vaikutusten laajuudesta ja kustannuksista on vasta syntymässä ensimmäisiä arvioita.

Lopputuloksena suoritetusta työstä voidaan todeta, että suuri joukko lukuja ja kustannuksia on pystytty laskemaan. Niiden oikeellisuudesta on kuitenkin suurta epävarmuutta. Siksi niiden käyttöä tieliikenteen haittojen arvioinnissa ei voida suositella muuta kuin koemielessä. Ilman epäpuhtauksien vaikutustietojen tulisi parantua huomattavasti, ennenkuin haittojen kustannuksista voidaan saada varmempia arvioita.

5 KIRJALLISUUS

- /1/ Aarnio, P. & Hämekoski, K. 1991. Ilmanlaatu pääkaupunkiseudulla vuonna 1990. Helsinki. 65s. (Pääkaupunkiseudun yhteistyövaltuuskunta YTV - SAD, Pääkaupunkiseudun julkaisusarja C 1991:19). ISSN 0357-5454. + Liiteosa.
- /2/ Boström, C-E. et al 1990. Strategi för flygtiga organiska ämnen (VOC); Utsläpp, effekter, åtgärder. Underlag till LUFT'90 - Aktionsprogram mot luftföroreningar och förurning. Solna. (Naturvårdsverket, Rapport 3763). ISBN 91-620-3763-3
- /3/ Gunnarsson, S.O. & Leksell, I. 1984. Samhällsekonomiska kostnader för hälso- och miljöeffekter till följd av bilavgasutsläpp i större tätorter, Förstudie. In: Kostnader och avgifter inom trafiksektorn, Bilagor. Stockholm. (Kommunikationsdepartementet 1985. DsK 1985:3). s. 61-102. ISBN 91-38-08822-3
- /4/ Hasund, K.P. et al 1990. Ekonomiska konsekvenser av det marknära ozonets påverkan på jordbruksgrödor. Solna. 99 s. (Naturvårdsverket, Rapport 3862). ISBN 91-620-3862-1
- /5/ Helsingin kaupungin terveystoimisto, Terveystoimiston johtaja Antti Pönkä, tiedonanto 23.7.1991
- /6/ Hämekoski, K. et al 1990. Ilmanlaatu- ja ympäristöprojekti, Yhteenveto. Helsinki. 87 s. (Pääkaupunkiseudun yhteistyövaltuuskunta YTV - SAD, Pääkaupunkiseudun julkaisusarja C 1990:8) ISSN 0357-5454
- /7/ Kangas, L. et al 1991. Eri päästölähteiden merkitys päästöjen kehitysarvioissa, laskeumassa ja metsämaan happamoitumisessa. Espoo. 66 s. (VTT, Tiedotteita 1237). ISBN 951-38-3865-X
- /8/ Kaunisto, T. et al 1982. Savukaasujen vaikutukset materiaaleihin. (Imatran Voima Oy, IVO-Ympäristötutkimukset, YMP-82-4)
- /9/ Laukkanen, T. & Jouttijärvi, T. 1990. Energiatuotannon ja tieliikenteen hiukkaspäästöt ja arvioita niiden vaikutuksesta ilmanlaatuun. Helsinki. 63 s. (Pääkaupunkiseudun yhteistyövaltuuskunta YTV - SAD, Pääkaupunkiseudun julkaisusarja C 1990:10) ISSN 0357-5454
- /10/ Laukkanen, T. 1990. Kokonaisarvio Helsingissä. Helsinki. 143 s. (Pääkaupunkiseudun yhteistyövaltuuskunta YTV - SAD, Pääkaupunkiseudun julkaisusarja C 1990:2) ISSN 0357-5454
- /11/ Leppänen, S. et al 1991. Ympäristönsuojelun taloudellinen ohjaus 1990-luvulla. (Ympäristöministeriö, Ympäristönsuojeluosasto, Työryhmän mietintö 59)
- /12/ Maalaamojen antamiin tietoihin perustuvia keskihintoja

-
- /13/ Maatilahallitus 1990. Maataloustilastollinen kuukausikatsaus. Helsinki. (1990 10)
- /14/ Malkki, M. 1989. Typen oksidit, Tapaustarkastelu. Helsinki. 19 s. (Pääkaupunkiseudun yhteistyövaltuuskunta YTV - SAD, Pääkaupunkiseudun julkaisusarja C 1989:15) ISSN 0357-5454
- /15/ Pönkä, A. & Elsilä, H. 1990. Tieliikenteen, energiantuotannon ja teollisuuden päästöt Helsingissä ja koko maassa vuonna 1987. Ilman epäpuhtauspäästöjen kehitys Helsingissä ja koko maassa 1980-luvulla. Tieliikenteen ajokilometrien ja päästöjen kehitys 1980-1989. Ympäristö- ja terveys, vsk 21 no 9-10, s. 648-669, ISSN 0358-3333
- /16/ Sjödin, Å. et al 1990. Miljöeffekter av kväveoxider och kolväten från vägtrafik i Sverige. Solna. 92 s. (Statens naturvårdsverk, Rapport 3856) ISBN 91-620-3856-7
- /17/ Tielaitoksen tilastoja 3/1991
- /18/ Tielaitos, Tiehallitus, Kehittämiskeskus 1991. Tie ja ympäristö, Yleisohje tiehankkeiden suunnittelulle. Helsinki. 32 s. ISBN 951-47-4350-4, TIEL 2150001.
- /19/ Tilastokeskus, Väestötilastotoimisto, Hannele Orjala, tiedonanto 23.7.-1991
- /20/ Toinen parlamentaarinen liikennekomitea 1991. Liikenne 2000. Helsinki. (Komitean mietintö 1991:3). ISSN 0356-9470
- /21/ Tolstoy, N. et al 1989. Utvändiga Byggnadsmaterial - mängder och nedbrytning. Gävle. 108 s. (Statens institut för byggnadsforskning, Gävle i samarbete med Korrosionsinstitutet, Stockholm). ISBN 91-540-9315-5
- /22/ VTT, Tie-, geo- ja liikennetekniikan laboratorio. 1991. Kuntien tieliikenteen pakokaasupäästöt 1989, Tietojärjestelmä LIISA:n laskentatulosteet. Espoo. 175 s. (Tutkimusraportti 4)

TIELAITOKSEN SELVITYKSIÄ

- 37/1991 Rautatien tasoristeysonnettomuudet yleisillä teillä 1990. TIEL 3201870-91
- 38/1991 Palvelutasomittareiden vertailumittaukset 1991. TIEL 3200008-91
- 39/1991 Mittausautomaation hyödyntäminen maarakennuskoneiden ohjauksessa. TIEL 3200035
- 40/1991 Ramppiohjaus selvitys. TIEL 3200036
- 41/1991 Ramps Metering Review. TIEL 3200037E
- 42/1991 Kuorma-autojen vaikutuksesta muuhun liikenteeseen. TIEL 3200038
- 43/1991 Maksuhalukkuusmenettelyn soveltuvuus tieliikenteen vaikutusten arviointiin. TIEL 3200039
- 44/1991 Nauvo-Parainen kiinteä tieyhteys: hyvinvointivaikutusten arviointi. TIEL 3200040
- 45/1991 Levähdysalueet ja levähdysalueiden kalusteet. TIEL 3200041
- 46/1991 Tiehöylän karheenlevittimien vertailu. TIEL 3200042
- 47/1991 Lautassirottimien vertailu. TIEL 3200043
- 48/1991 Liuoslevittimien käyttökokeilu. TIEL 3200044
- 49/1991 Projektinjohtokäytäntö ja mahdollisuudet laajoissa tiensuunnitteluhankkeissa. TIEL 3200045
- 50/1991 Lumitilat yleisillä teillä, perusselvitys
- 51/1991 Raakapuun kuljetusmalli. TIEL 3200046
- 52/1991 Autokanta- ja liikenne-ennusteita eräissä maissa. TIEL 3200047
- 53/1991 Tieverkon ylläpidon ohjausjärjestelmät; otostiet ja rappeutumismallit. TIEL 3200048
- 54/1991 Tieverkon ylläpidon ohjausjärjestelmät; lähtötiedot ja perustulokset. TIEL 3200049
- 55/1991 Ympäristövaikutusten arviointiselostus, maantie 5053. TIEL 3200050
- 56/1991 Pääväylät kaupunkialueilla; Suunnittelu- ja mitoitusperusteet. TIEL 3200051
- 57/1991 Pääväylät kaupunkialueilla; Suuntaus. TIEL 3200052
- 58/1991 Pääväylät kaupunkialueilla; Kevytliikenne. TIEL 3200053
- 59/1991 Pääväylät kaupunkialueilla; Joukkoliikenne. TIEL 3200054
- 60/1991 Pääväylät kaupunkialueilla; Pääväylä ja ympäristö. TIEL 3200055
- 61/1991 Pensaiden menestyminen tiealueilla. TIEL 3200056
- 1/1992 Pystyöjanauhojen laatuvaatimukset; laadunvalvonta ja testausmenetelmät. TIEL 3200057

TIEL 3200058
ISBN 951-47-5535-9
ISSN 0788-3722